

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1928-1929 — N° 189

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DU

SOUFRE DANS LES EAUX DE BARÈGES

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention " PHARMACIE "

présentée et soutenue publiquement le Jeudi 6 décembre 1928

PAR

Pierre-Lucien-Maurice-François CAZAUX

PRÉPARATEUR DU LABORATOIRE D'HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE
ET DE CLIMATOLOGIE

Né à CAZAUBON (Gers), le 11 août 1902.

Examineurs de la Thèse	{	MM. SELLIER, professeur.....	<i>Président.</i>
		MANDOUL, professeur.....	<i>Juges.</i>
		LABAT, professeur.....	
		FOURMENT, agrégé.....	

BORDEAUX
IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS
Y. CADORET
3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1928



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548412_0074

UNIVERSITE DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1928-1929 — N° 189

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DU

SOUFRE DANS LES EAUX DE BARÈGES

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention " PHARMACIE "

présentée et soutenue publiquement le Jeudi 6 décembre 1928

PAR

Pierre-Lucien-Maurice-François CAZAUX

PRÉPARATEUR DU LABORATOIRE D'HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE
ET DE CLIMATOLOGIE

Né à CAZAUBON (Gers), le 11 août 1902.



Examineurs de la Thèse	{	MM. SELLIER, professeur.....	<i>Président.</i>
		MANDOUL, professeur.....	} <i>Juges.</i>
		LABAT, professeur.....	
		FOURMENT, agrégé.....	

BORDEAUX

IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS

Y. CADORET

3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1928

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. SIGALAS..... Doyen.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. LANELONGUE, BADAL, POUSSON, MOURE, PRINCETEAU,
W. DUBREUILH, RIVIÈRE, BARTHE, LE DANTEC.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale.....	VERGER	Zoologie et parasitologie.....	MANDOUL.
id.....	CASSAET.	Médecine expérimentale.....	MAURIAC.
Clinique chirurgicale.....	CHAVANNAZ.	Clinique ophtalmologique.....	TEULIÈRES.
id.....	BÉGOUIN.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie..	ROCHER.
Pathologie et thérapeutiques générales...	CARLES.	Clinique gynécologique.....	GUYOT.
Clinique d'accouchements.....	ANDÉRODIAS.	Clinique méd. des maladies des enfants..	CRUCHET.
Anatomie pathol. et microscopie clinique.	SABRAZÈS.	Chimie biologique et médicale.....	DENIGÈS.
Anatomie.....	VILLEMIN	Physique médicale et pharmaceutique...	SIGALAS.
Anatomie générale et histologie.....	G. DUBREUIL.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques.	BONNIN.
Physiologie.....	PACHON.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques	PETGES.
Hygiène.....	AUCHÉ.	Clinique des maladies des voies urinaires.	DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie.....	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales.	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie.....	PORTMANN.
Chimie.....	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée.....	LABAT.
Botanique et matière médicale.....	BEILLE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie..	SELLIER.
Pharmacie.....	DUPOUY.		

MM. DELAUNAY (Physiologie). MICHELEAU, LEURET, DUPÉRIÉ (Médecine générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie.....	DUBECQ.	Maladies mentales.....	PERRENS.
Histologie.....	LACOSTE.	Chirurgie générale.....	PAPIN.
Anatomie pathologique.....	MURATET.	id.....	JEANNENEY.
Parasitologie et sciences naturelles.....	R. SIGALAS.	id.....	CHARRIER.
Histoire naturelle pharmaceutique.....	FOURMENT.	id.....	LOUBAT.
Médecine générale.....	CREYX.	Obstétrique.....	PERY.
id.....	N.	id.....	FAUGÈRE.
id.....	AUBERTIN.	Ophtalmologie.....	BEAUVIEUX.
id.....	DAMADE.	Dermatologie et syphiligraphie.....	JOULIA.
id.....	PIÉCHAUD.	Pharmacie.....	GOLSE.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Clinique dentaire.....	CAVALIÉ.	Puériculture.....	N.
Médecine opératoire.....	PAPIN.	Démonstrations et préparations pharmac..	N.
Accouchements.....	FAUGÈRE.	Pharmacie chimique.....	GOLSE.
Ophtalmologie.....	CABANNES.	Zoologie et parasitologie.....	R. SIGALAS.

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. MM. N.
Cours complémentaire annexe. — Prothèse et rééducation professionnelle..... GOURDON.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A MES PARENTS

Ce faible témoignage de ma profonde
affection et de ma reconnaissance.

A MES MAITRES

DE LA FACULTE DE PHARMACIE DE PARIS

A MON PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR J. SELLIER

*Professeur d'Hydrologie et de Climatologie thérapeutiques
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.*

Hommage respectueux et reconnaissant.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU SOUFRE

DANS LES EAUX DE BARÈGES

INTRODUCTION

Pendant l'été 1927, nous avons séjourné à Barèges et avons étudié la sulfuration des diverses sources de cette vieille et réputée station thermale des Pyrénées.

Comparant nos résultats à ceux d'autres auteurs, nous avons constaté certaines divergences. Nous nous sommes proposé d'en rechercher les causes. Tel a été le point de départ du présent travail.

Notre mémoire comprend deux parties :

- 1° Etude des méthodes de dosage du soufre dans les eaux sulfurées sodiques;
- 2° Résultats de nos déterminations de Barèges, et leur discussion.

Nous exprimons toute notre reconnaissance à M. le professeur Sellier, qui a bien voulu s'intéresser à notre travail et a mis à notre disposition toutes les ressources du Laboratoire d'hydrologie et de climatologie de la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux.

Nous remercions M. le médecin lieutenant-colonel Rebierre, médecin chef de l'Hôpital militaire de Barèges. Pendant les sai-

sons thermales de 1927 et 1928, nous nous sommes trouvé sous ses ordres; il nous a témoigné sa bienveillance et encouragé dans nos recherches.

Souvent, nous avons eu recours aux conseils de M. le pharmacien commandant Massy. Nous le prions de croire à nos sentiments de gratitude.

Nous tenons à adresser nos remerciements à M. le docteur Mothes, à qui nous devons la communication du plan de l'Établissement thermal de Barèges, et à M. le directeur des Thermes de Barèges, qui a bien voulu nous donner tout accès dans son établissement.

CHAPITRE PREMIER

LE SOUFRE DANS LES EAUX SULFUREUSES

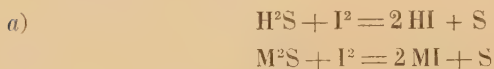
Le soufre existe dans toutes les eaux à l'état de sulfates. En outre, certaines eaux contiennent ou sont susceptibles de contenir du soufre à l'état libre (soufre colloïdal), à l'état de combinaison hydrogénée (acide sulfhydrique) ou à l'état de combinaisons métalliques, oxygénées ou non (sulfhydrates, mono-sulfures, polysulfures, hyposulfites, sulfites).

On appelle *eaux sulfureuses* les eaux qui dégagent une odeur plus ou moins prononcée d'hydrogène sulfuré, odeur d'œufs couvis, facile à reconnaître, malgré que l'ion sulfhydrique soit généralement en proportion très faible parmi les composants de ces eaux. C'est ainsi que, à Barèges, pour la source *Tambour*, nous trouvons, d'après Willm [1], pour l'ion sulfhydrique S : 16 mg. 4, tandis que l'ion silicique Si O³ s'élève à 43 mg. 2, ce qui a d'ailleurs fait dire que les eaux de Barèges pourraient s'appeler silicatées, si l'on attachait plus d'intérêt au poids qu'à l'odeur des composants [2].

Quantitativement, les eaux sulfureuses sont caractérisées par le degré sulfhydrométrique, ou nombre de centigrammes d'iode absorbés par un litre d'eau.

C'est en 1839 que Dupasquier [3] annonça qu'il était facile de doser le soufre contenu dans les eaux à l'état d'hydrogène sulfuré ou de sulfures à l'aide d'une solution d'iode; à la suite de nombreux essais, entrepris sur l'eau d'Allevard, il démontra que l'iode déplaçait de l'hydrogène sulfuré ou des sulfures

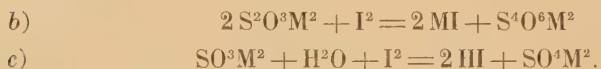
une proportion de soufre égale à celle de l'iode employé, suivant les réactions :



M représentant un métal monovalent.

Dupasquier utilisait une solution alcoolique d'iode et titrait directement le soufre de l'eau minérale en présence d'empois d'amidon.

Cette méthode à peine créée, Fontan [4] s'aperçut qu'elle offrait plusieurs causes d'erreurs assez graves, dont la principale tient à la présence possible dans l'eau d'hyposulfites ou de sulfites alcalins, qui donnent avec l'iode :



La dernière de ces réactions ne s'applique pas aux eaux minérales naturelles : la bibliographie que nous avons faite n'indiquant dans aucune eau la présence de sulfites [5].

Une seconde cause d'erreur, signalée par Fontan, est la température à laquelle on opère : il se rendit compte qu'à partir de 20 degrés, on commence à commettre des erreurs, qui, pour des températures de 75 degrés, peuvent atteindre 1/3^e et plus.

Fontan, utilisant la solution d'iode de Dupasquier, s'aperçut que cette solution se conservait mal : les résultats étaient faussés, avec une solution vieillée, par suite de la formation d'acide iodhydrique. Filhol remplaça la teinture d'iode de Dupasquier par une solution iodo-iodurée, qui se conserve beaucoup mieux.

Filhol [6] constatait aussi, sur des eaux minérales artificielles, constituées par une solution de sulfure de sodium et de carbonate ou silicate de soude, que la présence de ces derniers sels est une cause d'erreur par excès. Aussi proposa-t-il de précipiter les carbonates et silicates solubles à l'aide du chlorure de baryum, sel sur lequel l'iode n'a pas d'action, et d'opérer l'essai sulfhydrométrique sur l'eau filtrée. Pour Fon-

tan, ainsi que pour Villm [7], cette cause d'erreur est négligeable.

En outre, Lefort [8] prétend que la matière organique absorbant de l'iode, il y a là encore une cause d'erreur, et celle-ci est grave pour les eaux sulfureuses, qui contiennent en général une forte proportion de matière organique, la « barégine dissoute », qui a été étudiée par M. Fourment [9].

Malgré cela, la sulfhydrométrie constitue un procédé pratique pour reconnaître rapidement la teneur en principes sulfureux d'une eau et en suivre les variations.

Le degré sulfhydrométrique déterminé directement sur l'eau, ou sur l'eau traitée par le chlorure de baryum, correspond au soufre sulfhydrique et au soufre hyposulfureux. Pour séparer les divers composés sulfhydriques entre eux, diverses méthodes ont été proposées :

A. Gautier [10] préconise la distillation dans le vide pour doser l'hydrogène sulfuré libre, puis, par un courant de gaz carbonique, libère l'hydrogène sulfuré des sulfures :



L'hydrogène sulfuré libéré est ensuite dosé.

Chaspoul [11], dans l'étude des eaux de Digne, utilise l'hydrogène pur pour entraîner l'hydrogène sulfuré libre, puis le gaz carbonique pour déplacer l'hydrogène sulfuré des sulfures.

Dienert [12], puis Touplain [13], emploient eux aussi l'hydrogène pur pour entraîner l'hydrogène sulfuré libre; puis, à l'aide du sulfate manganoux, ils déplacent l'hydrogène sulfuré des sulfhydrates; il se forme en même temps avec les sulfures, du sulfure de manganèse insoluble, à l'aide duquel on titre le soufre des sulfures.

Barral [14] a indiqué un procédé dans lequel il n'est pas besoin d'utiliser un gaz : il traite l'eau par la limaille d'argent, qui s'empare, dit-il, de l'hydrogène sulfuré libre, puis, après décantation, par le carbonate de cadmium, qui fixe le soufre des sulfures. Ce procédé n'est pas à utiliser, les sulfures attaquant la limaille d'argent,

Cette séparation ne présente pas d'intérêt. En effet, une eau contenant des sulfures alcalins, aux concentrations auxquelles ils sont dissous, contient ces sels dissociés, suivant les réactions [15] :



La solution de ces sulfures contient donc simultanément sulfures, sulfhydrates et hydrogène sulfuré libre, qu'il serait illusoire de vouloir différencier et séparer [16].

C'est pourquoi, dans notre étude sur les eaux de Barèges, nous avons seulement déterminé :

- 1° le degré sulfhydrométrique;
- 2° le degré sulfhydrométrique de l'eau désulfurée;
- 3° le soufre total.

Ces trois déterminations permettent, comme il sera exposé plus loin, de calculer les ions sulfhydrique, hyposulfureux et sulfurique.

BIBLIOGRAPHIE

1. JACQUOT et WILLM. — Les eaux minérales de la France, p. 346, 1894.
 2. REBIERRE. — *Archives de médecine et pharmacie militaires*, t. LXXXVII, n° 2, p. 183, 1927.
 3. DUPASQUIER. — *C. R. de l'Académie des sciences*, 1839.
 4. FONTAN. — Recherches sur les eaux minérales, p. 135-139, 1853.
 5. FILHOL. — Les eaux minérales des Pyrénées, 1853.
 - 5 bis. JACQUOT et WILLM. — *Loc. cit.*, 1894.
 6. FILHOL. — *Loc. cit.*, p. 100-104, 1853.
 7. JACQUOT et WILLM. — *Loc. cit.*, p. 78, 1894.
 8. LEFORT. — Chimie hydrologique, p. 631-643, 1873.
 9. FOURMENT. — La Barégine des eaux sulfurées sodiques de Barèges. Thèse pour le doctorat de médecine (Bordeaux, 1920-1921).
 10. GAUTIER (A.). — *C. R. de l'Académie des sciences*, t. 132, p. 519-522, 1901.
 11. CHASPOUL. — Contribution à l'étude des eaux sulfureuses de Digne. Thèse Université de Lyon (Pharmacie), p. 40-42, 1908.
 12. DIENERT. — Eaux douces et eaux minérales, p. 110-115, 1912.
 13. TOUPLAIN. — Analyse générale des eaux, p. 105-114, 1922.
 14. BARRAL. — Précis d'analyse chimique quantitative, t. II, p. 137, 1927.
et climatologie, t. II, p. 250, 1924.
 15. DESGREZ, BIERRY, LESCŒUR. — *Annales de l'Institut d'hydrologie*
 16. *Institut d'hydrologie et climatologie*. — Analyse des eaux minérales de Caunterets. *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. V, p. 84, 1927.
-

CHAPITRE II

DETERMINATION DES DEGRES SULFHYDROMETRIQUES

La détermination du degré sulfhydrométrique étant sujette à diverses causes d'erreurs, comme il a été dit au chapitre précédent, nous envisageons maintenant l'importance que peuvent avoir sur la valeur du degré sulfhydrométrique :

- A. — Les conditions de conservation de l'échantillon entre le prélèvement et le dosage;
- B. — La température au moment du titrage;
- C. — Les constituants chimiques de l'eau.

A. — Influence des conditions de conservation.

Gay-Lussac [1], Mitscherlich [2], ont montré depuis bien longtemps que les solutions de sulfure de sodium ne sont pas stables, qu'elles s'altèrent facilement.

Berthelot a montré que les solutions de sulfure de sodium voient leur sulfure à peu près complètement décomposé par l'eau en sulfhydrate et alcali libre [3]; et, à son tour, le sulfhydrate se trouve décomposé en alcali et acide libres [4]; une solution de sulfure de sodium, soumise à l'action d'un courant de gaz inerte (hydrogène ou azote), abandonne de l'hydrogène sulfuré [5].

Les agents physiques peuvent avoir une action sur les eaux sulfureuses. Lefort [6], étudiant, sur des eaux sulfureuses naturelles, conservées dans des vases en verre vert, l'action des rayons lumineux pendant un laps de temps relativement court (dix à douze jours), n'a jamais constaté une différence appréciable dans le degré sulfhydrométrique de ces eaux.

Sous l'action de l'oxygène, le sulfure de sodium dissous s'oxyde plus ou moins rapidement et se transforme en hyposulfite, puis en sulfate [7]. Mais dans l'action de l'air, à côté de l'action de l'oxygène, se rencontre celle du gaz carbonique : sous l'action de ce gaz, l'hydrogène sulfuré est déplacé et il se forme un carbonate [8]. Dans ce cas, le degré sulfhydrométrique est abaissé.

Voulant connaître l'influence exacte de l'air et de la lumière sur les solutions sulfureuses, nous avons fait les quatre séries d'expériences suivantes. Une solution faible de sulfure de sodium cristallisé pur (Fontaine) a été conservée dans des conditions variables :

- 1° A l'air et à la lumière;
- 2° A l'air et à l'abri de la lumière;
- 3° A l'abri de l'air et à la lumière;
- 4° A l'abri de l'air et de la lumière.

Sur chacun des échantillons ainsi conservés, nous avons pris, à des intervalles de temps divers, le degré sulfhydrométrique direct, et le degré de l'eau désulfurée (traitée par le carbonate de plomb, comme il sera dit au chapitre suivant). Nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *A l'air et à la lumière.* — La solution était conservée dans des flacons en verre blanc, de 1 litre, également remplis, non bouchés; cette solution avait, le jour de son embouteillage, un degré sulfhydrométrique de 9°4, le degré sulfhydrométrique de l'eau désulfurée étant de 4°7. Ces flacons demeuraient sur la table du laboratoire, exposés à la lumière. Les déterminations (portant chaque fois sur l'un des flacons) faites d'abord

tous les jours, puis à des intervalles plus éloignés, ont donné les résultats suivants :

TEMPS ÉCOULÉ depuis la préparation	DEGRÉ sulfhydromé- trique direct. (a)	DIFFÉRENCE (9,4 — a)	DEGRÉ sulf. de l'eau désulfurée. (b)	DIFFÉRENCE (4,7 — b)
1 jour.	6°9	2°5	4°7	0°0
2 —	5,5	3,9	4,5	0,2
3 —	4,0	5,4	3,3	1,4
4 —	1,8	7,6	1,3	3,4
5 —	1,5	7,9	1,1	3,6
7 —	0,7	8,7	0,5	4,2
11 —	0,7	8,7	0,5	4,2
14 —	0,2	9,2	0,2	4,5

Dans cette expérience, sous l'action de l'air et de la lumière, le degré sulfhydrométrique total a rapidement diminué pendant les trois premiers jours, puis beaucoup plus lentement, pour accuser une disparition complète du sulfure le quatorzième jour. La teneur en hyposulfite s'est tout d'abord maintenue, puis elle a diminué rapidement, mais cette diminution s'est ensuite ralentie.

2° *A l'air et à l'abri de la lumière.* — La solution sulfureuse placée dans des flacons en verre jaune de 1 litre, également remplis, non bouchés, était conservée en chambre noire. La solution en expérience avait, pour degré sulfhydrométrique direct, 14°2 et pour degré sulfhydrométrique, après désulfuration, 4°5. La solution était soumise à des déterminations journalières, et, chaque jour, il était utilisé un des flacons.

TEMPS ÉCOULÉ depuis la préparation.	DEGRÉ sulfhydromé- trique direct (a)	DIFFÉRENCE (14,2 — a)	DEGRÉ sulf. de l'eau désulfurée (b)	DIFFÉRENCE (4,5 — b)
1 jour.	10°5	3°7	6°0	—1°5
2 —	7,5	6,7	5,7	—1,2
3 —	4,5	9,7	4,5	0,0
4 —	3,2	11,0	3,2	1,3
5 —	1,5	12,7	1,5	3,0
6 —	1,0	13,2	1,0	3,5
7 —	0,7	13,5	1,7	3,8
8 —	0,5	13,7	0,5	4,0
9 —	0,1	14,1	0,1	4,4
10 —	0,0	14,2	0,0	4,5

Dans cette expérience, le sulfure a rapidement disparu, l'hyposulfite a, au contraire, augmenté; le sulfure a donc été oxydé et est passé à l'état d'hyposulfite. Après cette augmentation, la teneur en hyposulfite a diminué jusqu'à devenir nulle.

3° *A la lumière et à l'abri de l'air.* — Nous avons placé une solution sulfureuse, de degré sulfhydrométrique direct 10°9, et de degré sulfhydrométrique après désulfuration, 4°2, dans des flacons en verre blanc de 1 litre, exactement remplis, bien bouchés au liège. Nous avons conservé ces flacons sur la table du laboratoire, exposés à la lumière solaire. La solution a été examinée d'abord tout les trois jours, puis tous les six jours, et, pour chaque détermination, nous utilisons un des flacons.

TEMPS ÉCOULÉ depuis la préparation.	DEGRÉ sulfhydromé- trique direct (a)	DIFFÉRENCE (10,9 — a)	DEGRÉ sulf. de l'eau désulfurée (b)	DIFFÉRENCE (4,2 — b)
3 jours.	9°2	1°7	4°0	0°2
6 —	7,5	3,4	3,7	0,5
9 —	6,4	4,5	3,2	1,0
12 —	5,2	5,7	2,5	1,7
15 —	4,2	6,7	2,0	2,2
21 —	3,4	7,5	1,7	2,5
24 —	3,1	7,8	1,4	2,8
27 —	2,9	8,0	1,3	2,9
33 —	2,7	8,2	1,2	3,0

Dans cette expérience, sous l'action de la lumière, la diminution de la proportion de sulfure est d'abord très rapide, puis devient très lente. La teneur en hyposulfite diminue aussi, d'abord petit à petit, puis rapidement et enfin très lentement. Le dernier jour de l'expérience, il existe encore près du tiers de la quantité initiale de sulfure, et près de la moitié de la quantité initiale d'hyposulfite.

4° *A l'abri de l'air et de la lumière.* — Nous avons conservé, dans des flacons en verre jaune, de 1 litre, exactement remplis, bien bouchés et placés en chambre noire, une solution sulfureuse, de degré sulfhydrométrique direct 10°7, et de degré sulfhydrométrique après désulfuration 4°2. Chacun des

flacons ainsi conservés était utilisé pour une détermination. Ces déterminations faites d'abord tous les quatre jours, puis toutes les semaines, ont donné les résultats suivants :

TEMPS ÉCOULÉ depuis la préparation.	DEGRÉ sulphydromé- trique direct (a)	DIFFÉRENCI (10,7 — a)	DEGRÉ sulf. de l'eau désulfurée (b)	DIFFÉRENCI (4,2 — b)
4 jours.	10°2	0°5	5°2	—1°0
8 —	9,8	0,9	4,7	—0,5
15 —	9,5	1,2	4,5	—0,3
22 —	9,2	1,5	4,2	0,0
29 —	9,1	1,6	4,0	0,2
35 —	9,0	1,7	3,9	0,3
45 —	8,8	1,9	3,7	0,5
53 —	8,7	2,0	3,7	0,5
61 —	8,7	2,0	3,6	0,6
71 —	8,6	2,1	3,6	0,6

Dans cette expérience, la teneur en sulfure diminue pendant les quatre premiers jours tandis que celle en hyposulfite augmente : il y a oxydation du sulfure qui est transformé en hyposulfite. Puis la teneur en sulfure se maintient constante aux erreurs d'expériences près, et le dernier jour, nous avons la même teneur en sulfure que le quatrième. La teneur en hyposulfite, après avoir augmenté dans les premiers jours, décroît ensuite pour se maintenir à une valeur à peu près constante dans les derniers jours de l'expérience.

C'est donc à l'abri de l'air et de la lumière que les solutions sulfureuses semblent se conserver le mieux. Le prélèvement d'une eau sulfureuse devra donc se faire dans des flacons en verre coloré, bien remplis et bien bouchés. De plus, comme dans ces conditions, la solution sulfureuse s'altère encore, il conviendra de faire l'essai sulphydrométrique le plus rapidement possible après le prélèvement. Les auteurs classiques recommandent d'opérer ce dosage « immédiatement » après le prélèvement; comme, en fait, un certain temps sépare nécessairement le prélèvement du titrage, il convient de noter ce temps, afin de préciser les conditions de la détermination.

B. — Influence de la température au moment du titrage.

Nous avons dit que Fontan avait signalé comme cause d'erreur la température de l'eau au moment du dosage. Cette cause d'erreur tient à l'empois d'amidon; d'après lui la réaction de l'iodure d'amidon (bleuissement) est en effet plus sensible à froid qu'à chaud, et il y a une limite à partir de laquelle elle ne se produit plus. Fontan [9] a montré que ce phénomène était dû à la solubilité de l'iodure d'amidon : la coloration bleue ne se produit que lorsque la solution d'iodure d'amidon est saturée, ce qui demande d'autant plus d'iodure et par suite d'iode, que la température est plus élevée. La coloration bleue étant due, en fait, à une solution solide d'iode dans l'amidon émulsionné dans l'eau, il faut, pour que la coloration se produise, d'autant plus d'iode que la température est plus élevée.

Le pharmacien-major Simair [10] a dressé une table des quantités d'iode absorbées par l'eau distillée additionnée d'empois d'amidon, aux différentes températures : en retranchant du degré sulfhydrométrique apparent, déterminé à la température t , le chiffre donné par la table de Simair pour la même température, on aurait le degré sulfhydrométrique véritable.

Nous avons vérifié la table de Simair, en opérant comme suit : dans une fiole d'Erlenmeyer, on verse 10 centicubes de solution d'iode N/100, 250 centicubes d'eau distillée bouillie, et X gouttes d'empois d'amidon. On verse dans ce mélange, jusqu'à virage, une solution N/100 d'hyposulfite de soude contenue dans une burette de Schelbach. Nous'avons obtenu ainsi les résultats suivants :

Température.	Iode absorbé par 1 litre d'eau (l'auteur).	Données de la table de Simair.
15°	2 mg. 73	2 mg. 72
20	3 26	3 44
23	3 79	3 76
25	4 32	4 24
35	7 50	7 52
37	8 56	8 56

Ces chiffres, trouvés par nous, concordent, aux erreurs d'expériences près, avec ceux donnés par Simair. Il paraît donc facile de faire la correction du degré sulfhydrométrique. Il n'en est pas ainsi en réalité :

En effet, ayant fait des prélèvements à la source *Entrée (filet vierge)*, dans une série de bouteilles, nous les avons laissés refroidir lentement. Prenant le degré sulfhydrométrique tous les quarts d'heure, et faisant la réduction indiquée par la table de Simair, nous obtenons les résultats suivants :

Température au moment du virage.	Degré sulfhydrométrique direct	
	brut	après correction de température (Simair).
30°	12°6	12°0
28	12,4	11,9
26	12,1	11,7
25	11,8	11,4
23	11,7	11,3
20	11,6	11,2

Les résultats ci-dessus ne concordent pas : ils accusent, pour la même eau, un degré sulfhydrométrique de 12° à 30° c. et seulement de 11°2 à 20° c.

Dans une seconde expérience, nous avons pris le degré sulfhydrométrique d'un échantillon de la même eau transporté au laboratoire, puis d'un autre échantillon, plongé aussitôt après le prélèvement dans de l'eau froide pour l'amener rapidement à la température du laboratoire. Les résultats rapportés ci-après sont encore plus discordants que ceux de la première expérience :

Température au moment du virage.	Degré sulfhydrométrique direct	
	brut	après correction de température (Simair).
30°	12°8	12 2
15	10,8	10,5

Le cas de l'eau minérale n'est pas aussi simple que celui de l'eau distillée. Il y a, d'après Filhol [11], sous l'action de l'iode et de la chaleur, transformation d'une partie des

sulfures en sulfates, la réaction demandant alors d'autant plus d'iode que la température est plus élevée.

Nous avons pris, à différentes températures, le degré sulfhydrométrique d'une solution de sulfure de sodium, préparée par nous et avons obtenu :

Température au moment du virage.	Degré sulfhydrométrique direct	
	brut.	Après correction de température (Simair).
31°	10,0	9,4
24	9,2	8,8
22	9,0	8,6
17	8,5	8,2

Ces résultats ne concordent pas non plus avec la table de Simair.

Les divergences dans les résultats obtenus à une même source par plusieurs auteurs peuvent donc tenir au facteur température au moment du virage. C'est pourquoi il faut, lorsqu'on prend le degré sulfhydrométrique d'une eau, noter la température à laquelle on opère.

C. — Influence des constituants chimiques de l'eau.

Filhol [12] avait constaté, avons-nous dit, que la présence de carbonates et silicates est une cause d'erreur. Opérant sur des eaux minérales artificielles, constituées par une solution aqueuse de sulfure de sodium pur et de carbonate de sodium, il constatait qu'une solution renfermant 0 g. 10 de carbonate de sodium absorbe 0 g. 03 d'iode de plus que la même solution sans carbonate. De même une solution renfermant 0 g. 05 de silicate de soude absorbe 0 g. 02 d'iode de plus que la même solution sans silicate. Il montra que l'emploi du chlorure de baryum, qui précipite les carbonates et silicates solubles et sur lequel l'iode n'a pas d'action, permet d'éviter cette erreur.

Nous avons également dit que pour Fontan et Willm, cette erreur est suffisamment faible pour ne pas s'en occuper.

La quantité de sels précipités par le chlorure de baryum est variable; pour une même source, elle change journellement. Fegueux [13] a pu constater, entre le degré sulfhydrométrique direct et celui de l'eau traitée par le chlorure de baryum, pour une même source (*Bain-neuf*), une différence nulle et une autre de 2°4. La différence moyenne entre les deux degrés est d'après ses chiffres de 0°55.

Dans nos déterminations, la différence moyenne est de 1°16. La différence maximum a été obtenue au même point que Fegueux : elle est de 2°7 comme le montrent nos résultats exposés plus loin (Chap. V).

Les divers auteurs qui ont étudié les eaux de Barèges ayant indiqué les uns le degré sulfhydrométrique direct, les autres le degré sulfhydrométrique de l'eau traitée par le chlorure de baryum, nous avons déterminé pour chaque source de Barèges ces deux degrés, employant les techniques suivantes :

1° *Degré sulfhydrométrique direct.* — Verser dans une fiole d'Erlenmeyer 10 centicubes de solution d'iode N/50, puis 100 centicubes d'eau minérale exactement mesurés. Ajouter 2 centicubes de solution N d'acide acétique. Titrer l'excès d'iode à l'aide d'une solution d'hyposulfite de soude N/50, en ajoutant seulement vers la fin de la réaction 1 centicube d'empois d'amidon bien clair. Noter la température au moment du virage, ainsi que le temps qui s'est écoulé entre le moment du prélèvement et celui du dosage.

n étant le nombre de centicubes de solution d'hyposulfite de soude, le degré sulfhydrométrique direct est donné par la formule :

$$(10 - n) \times 2,54.$$

2° *Degré sulfhydrométrique de l'eau traitée par le chlorure de baryum.* — Nous avons opéré suivant la technique ci-après, inspirée de celle décrite par M. Touplain [13] :

Dans une fiole jaugée, mesurer 200 centicubes d'eau; ajouter

4 centicubes d'une solution à 10 p. 100 de chlorure de baryum. Boucher le ballon avec un bouchon de liège; le retourner plusieurs fois pour mélanger les liquides. Laisser au repos (une demi-heure au moins) dans l'obscurité, afin de rassembler autant que possible le précipité au fond du ballon.

Dans un ballon jaugé à deux traits (100-110 centicubes) placer 10 centicubes de solution d'iode N/50. Filtrer l'eau qui a été précipitée par le chlorure de baryum, en faisant tomber le liquide filtré dans la solution d'iode précédente, jusqu'à affleurement au trait de jauge 110. Continuant la filtration dans une autre fiole, prélever 2 centicubes de liquide filtré et les ajouter dans le ballon 100-110 centicubes. Soient 102 centicubes de liquide filtré ou 100 centicubes d'eau ajoutés aux 10 centicubes d'iode.

Verser le contenu du ballon jaugé (100-110) dans une fiole de 250 centicubes environ. Ajouter V gouttes d'acide acétique pur cristallisable, pour transformer le soufre des sulfures en hydrogène sulfuré.

Titrer l'excès d'iode au moyen d'une solution N/50 d'hypo-sulfite de sodium, en ajoutant seulement vers la fin de la réaction 1 centicube d'empois d'amidon bien clair. Noter la température du mélange au moment du virage, ainsi que le temps écoulé entre le prélèvement et le dosage.

n' étant le nombre de centicubes de solution d'hypo-sulfite versés, le degré sulfhydrométrique est donné par la formule :

$$(10 - n') \times 2,54.$$

Pour ces deux dosages, les liqueurs N/50 d'iode et d'hypo-sulfite avaient leur titre fréquemment contrôlé. La solution d'hypo-sulfite de soude était titrée à l'aide du bichromate de potassium, suivant la technique indiquée par Treadwell [15] : 10 centicubes de solution N/50 de bichromate de potassium sont additionnés de 6 centicubes environ de la solution d'iodure de potassium à 10 p. 100 et de 1 centicube d'acide chlorhydrique pur. On ajoute 50 centicubes environ d'eau bouillie, et on verse dans

le mélange, à l'aide d'une burette à robinet, la solution d'hyposulfite, jusqu'à décoloration de l'empois d'amidon, ajouté seulement vers la fin de la réaction. Le terme de la réaction étant indiqué par le passage du bleu de l'empois d'amidon, non à l'incolore, mais à la teinte vert clair du sel de chrome, une dilution assez forte est nécessaire pour que le virage soit net. Le nombre de centicubes de solution d'hyposulfite employés correspondant à 0 g. 0254 d'iode, on calcule le titre de la liqueur d'hyposulfite.

La solution d'iode est titrée en fonction de la solution d'hyposulfite précédente : verser dans une fiole d'Erlenmeyer 10 centicubes de la solution d'iode; ajouter 50 centicubes environ d'eau distillée bouillie, et titrer l'iode à l'aide de la solution titrée d'hyposulfite, en présence d'empois d'amidon.

Il est inutile pratiquement d'ajuster ces solutions. Un calcul très simple donne le degré sulfhydrométrique; si la solution d'iode contient 2 mg. 454 d'iode par centicube, il aura été ajouté :

$$2,454 \times 10 = 24 \text{ mg. } 54 \text{ d'iode.}$$

On a ensuite employé pour saturer l'excès d'iode 4 cc. 4 d'une solution d'hyposulfite dont 1 centicube correspond à 2 mg. 646 d'iode; l'excès d'iode est donc de :

$$2,646 \times 4,4 = 11 \text{ mg. } 64 \text{ d'iode.}$$

La prise d'essai d'eau minérale, 100 centicubes, a donc absorbé :

$$24,54 - 11,64 = 12 \text{ mg. } 90 \text{ d'iode.}$$

1 litre absorbe donc 129 milligrammes d'iode, et le degré sulfhydrométrique de cette eau est de 12°9.

BIBLIOGRAPHIE

1. GAY-LUSSAC. — *Annales de chimie et physique* (2)-6-321, 1817, d'après Moissan; *Chimie minérale*, t. III, p. 322-323, 1904.
 2. MITSCHERLICH. — *Ann. Ph. Chem. Pogg.*, 8-441-1826; d'après Moissan, *loc. cit.*, p. 322-323, 1904.
 3. BERTHELOT. — *Annales de chimie et physique*, 4^e série, t. XXIX, p. 508.
 4. BERTHELOT. — *C. R. de l'Académie de sciences*, t. 78, p. 1179.
 5. DESGREZ, LESCOEUR et MAUJEAN. — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. IV, p. 238, 1926.
 6. LEFORT. — *Annales de la Société d'hydrologie médicale de Paris*, t. IX, p. 306-317, 1862-1863.
 7. FILHOL. — *Bulletin de la Société des sciences physiques et naturelles de Toulouse*, t. VII, p. 207, 1888.
— DESGREZ, BIERRY et LESCOEUR. — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. II, p. 261, 1924.
 8. GAUTIER (A.). — *C. R. de l'Académie des sciences*, t. 132, p. 519, 1901.
 9. FONTAN. — *Recherches sur les eaux minérales*, p. 137, 1853.
 10. SIMAIR. — *Archives de médecine et pharmacie militaires*, t. XII, p. 136-138, 1888.
 11. FILHOL. — *Loc. cit.*, t. VII, p. III, 1888.
 12. FILHOL. — *Eaux minérales des Pyrénées*, p. 100-102, 1853.
 13. FEGUEUX. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXV, p. 155, 1871.
 14. TOUPLAIN. — *Analyse générale des eaux*, p. 104-105, 1922.
 15. TREADWELL. — *Chimie analytique*, t. II, p. 606, 1912.
-

CHAPITRE III

DOSAGE DU SOUFRE OXYDÉ

Dans ce chapitre, nous traitons du dosage du soufre à l'état de combinaisons oxygénées (ions hyposulfureux et sulfurique).

L'ion hyposulfureux se détermine par sulfhydrométrie (application de la réaction *b*, p. 10) sur l'eau désulfurée; connaissant le poids d'iode *p* absorbé par un litre d'eau sulfureuse, on obtiendra l'ion hyposulfureux par la formule :

$$p \times 0,882.$$

L'ion sulfurique se détermine par différence, en retranchant du soufre total la somme (soufre sulfhydrique + soufre hyposulfureux).

Nous sommes donc conduit à étudier :

- A. — Le dosage des hyposulfites;
- B. — Le dosage du soufre total.

A. — Dosage des hyposulfites.

Pour ce dosage, de nombreux agents de désulfuration ont été utilisés : nous avons vu qu'A. Gautier [1] employait le gaz carbonique; la poudre d'argent a été utilisée dans le même but [2]. Dieudonné [3] préconise l'emploi du carbonate de cadmium fraîchement précipité; ce même sel est utilisé par MM. Desgrez, Bierry et Lescœur [4]. Filhol utilisait dans le même but l'acétate de zinc [5].

Nous avons utilisé le carbonate de plomb, employé par Willm [6], par Touplain [7] et par l'Institut d'hydrologie et

climatologie, dans la récente analyse des eaux de Cauterets [8].

La désulfuration par le carbonate de plomb est-elle rapide? Tandis que Willm [6] conseille un contact de plusieurs heures de l'eau et du carbonate de plomb, M. Touplain [7] indique qu'une demi-heure suffit. Voulant nous rendre compte de la durée de contact nécessaire, nous avons préparé une solution sulfureuse dans laquelle nous avons titré les hyposulfites après des temps de contact variables, agitant le mélange fréquemment. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Temps de contact.	Ion S^2O^3 par litre.
0 h. 30	0 g. 0723
1 00	0 0723
1 30	0 0723
3 00	0 0723
4 00	0 0723

Ces résultats permettent de conclure qu'un contact d'une demi-heure est suffisant. Voulant voir s'il était possible de le réduire encore, nous avons fait une expérience sur une nouvelle solution : agitant continuellement pendant cinq minutes le mélange, nous trouvions 0 g. 0282 d'ion S^2O^3 , tandis que la même solution, après trente minutes de contact ne renfermait que 0 g. 0194 d'ion S^2O^3 .

Aussi avons-nous opéré comme suit aux sources de Barèges : dans une fiole jaugée, mesurer 200 centicubes d'eau; ajouter par petites portions 1 gramme environ du carbonate de plomb; il se forme, avec les sulfures solubles de l'eau, du sulfure de plomb noir qui se dépose. Après chaque addition, boucher le ballon avec un bouchon de liège; le retourner plusieurs fois afin de mettre le carbonate de plomb en contact avec l'eau. Ajouter 4 centicubes de solution à 10 p. 100 de chlorure de baryum; retourner à nouveau le ballon plusieurs fois et laisser en contact une demi-heure.

Filtrer et recueillir le liquide filtré dans un ballon jaugé à deux traits (100-110 centicubes) dans lequel on a déjà mis 10 centicubes d'une solution N/50 d'iode, jusqu'à affleurement au trait de jauge 110. Ajouter en plus 2 centicubes de liquide filtré : soient 102 centicubes de liquide filtré qui correspondent à 100 centicubes d'eau minérale. Faire passer le contenu du ballon dans une fiole de 250 centicubes et titrer l'excès d'iode, au moyen de la solution N/50 d'hyposulfite de sodium, en présence d'empois d'amidon. Noter la température au moment du virage ainsi que le temps écoulé entre le prélèvement et le dosage.

Soit n le nombre de centicubes d'hyposulfite employés. La teneur en ion hyposulfureux par litre est donnée par la formule :

$$(10 - n) \times 2,24$$

et le soufre correspondant par la formule :

$$(10 - n) \times 1,28.$$

B. — Soufre total.

Le soufre total d'une eau minérale est constitué par le soufre de tous les corps de cette eau renfermant l'atome S. On doit donc comprendre, sous ce nom, non seulement le soufre titrable par l'iode, comme l'ont fait certains auteurs (Rosset [9] par exemple), mais encore le soufre existant dans l'eau, non décelable par ce réactif.

Pour ce dosage, tout le soufre est amené à l'état de sulfate, que l'on précipite ensuite à l'état de sulfate de baryte. Le dosage du soufre total comporte donc deux temps :

a) OXYDATION DU SOUFRE. — Les agents employés pour oxyder le soufre dans les eaux minérales sont le chlore et le brome, en nature ou à l'état d'hypobromite.

1° Le *chlore* a été utilisé par Trinquier [10] pour le dosage du soufre total dans les eaux de Thuès-les-Bains : il faisait pour cela passer un courant de chlore pendant une heure dans un volume d'eau déterminé.

2° Le *brome libre*, indiqué par M. Touplain [11] a été utilisé par l'Institut d'hydrologie et climatologie dans l'analyse des eaux de Cauterets [12]. On procède comme suit :

Dans une fiole jaugée à long col, mesurer 200 centicubes d'eau. Verser au-dessus, sans mélanger, de l'eau bromée jusqu'au haut du col; puis verser le contenu du ballon dans une fiole conique. Laver le ballon avec de l'eau bromée qu'on ajoute au liquide de la fiole jusqu'à ce que celui-ci soit légèrement jaune. Placer la fiole sur le bain-marie en maintenant un excès de brome dans le liquide jusqu'au moment où il s'éclaircit. Chauffer ensuite à l'ébullition, en présence d'acide chlorhydrique, pour chasser le brome en excès.

3° L'*hypobromite* de soude a été préconisé comme oxydant du soufre par M. le professeur Denigès [13] pour le dosage du soufre libre ou des composés du soufre (sulfures, polysulfures, sulfites et hyposulfites) et par M. le professeur Barthe [14].

Nous l'avons utilisé pour le dosage du soufre total dans les eaux minérales en opérant comme suit :

A 200 centicubes d'eau minérale exactement mesurés, ajouter 10 centicubes de lessive de soude pure et concentrée et 30 centicubes d'une solution d'hypobromite de soude. Porter le mélange à l'ébullition, et ajouter d'emblée une quantité d'acide chlorhydrique dilué capable de faire apparaître des vapeurs de brome, qui remplissent le becherglass dans lequel s'opère la réaction. En maintenant l'ébullition, continuer d'ajouter de l'acide chlorhydrique par petites portions jusqu'à ce que la liqueur soit devenue absolument limpide. Activer le départ des dernières vapeurs de brome par la chaleur.

b) DOSAGE DES SULFATES. — On a alors une solution dans laquelle le soufre, entièrement transformé en sulfate, est dosé à l'état de sulfate de baryte, suivant la technique indiquée par M. le professeur Denigès [15].

La liqueur, amenée à l'ébullition, est traitée par un excès d'une solution à 10 p. 100 de chlorure de baryum cristallisé. On enlève du feu et on laisse en contact dix minutes. Pendant ce temps, on met, sur un entonnoir à filtration rapide, un

filtre d'analyse à feutrage serré (nous avons utilisé ceux de Schleicher et Schüll, n° 602); on le mouille à l'eau bouillante, et on y décante le liquide clair surnageant le précipité de sulfate de baryum, en rejetant le filtrat sur le filtre s'il passe louche. Le résidu du récipient est lavé à l'eau bouillante, en décantant toujours sur le filtre, jusqu'à ce qu'on y ait fait tomber tout le précipité. On lave encore à l'eau bouillante jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus par l'azotate d'argent. Dessécher alors le filtre à l'étuve; le retirer.

Placer le filtre dans un creuset de platine couvert; carboniser lentement au moufle. Si le résidu n'est pas complètement blanc, laisser refroidir; ajouter sur les points bruns quelques gouttes d'acide azotique, dessécher et calciner à nouveau. Laisser ensuite refroidir rapidement et peser.

Soit p le poids de sulfate de baryte trouvé, le poids du soufre total S par litre est donné par la formule :

$$p \times 0,1373.$$

Nous avons pratiqué sur des eaux sulfureuses artificielles, constituées par des solutions aqueuses de sulfure de sodium pur et de chlorure de calcium, le dosage du soufre total, utilisant les deux procédés d'oxydation à l'eau de brome et à l'hypobromite de soude. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Soufre total	
	Oxydation par le brome.	Oxydation par l'hypobromite.
Solution n° 1.....	8 mg. 8	8 mg. 9
Solution n° 2.....	8 35	8 35
Solution n° 3.....	8 9	8 9
Solution n° 4.....	9 6	9 7

Les chiffres obtenus dans les deux séries sont les mêmes, aux erreurs d'expériences près, puisque la différence maximum est de un dixième de milligramme par litre.

Nous préférons le procédé d'oxydation à l'hypobromite au procédé au brome, le premier étant de beaucoup plus rapide

et ne nécessitant pas l'emploi d'un bain-marie. En outre, l'hy-pobromite est d'un maniement plus commode que le brome. Les procédés les plus simples sont à rechercher dans les stations thermales, où les laboratoires font malheureusement le plus souvent défaut.

Le dosage du soufre total doit être commencé sur place, mais peut être terminé à distance, si l'on ne dispose pas de balance de précision dans la station thermale même.

Connaissant le degré sulphydrométrique D , le degré de l'eau désulfurée d et le soufre total S , on peut calculer les ions sulphydrique, hyposulfureux et sulfurique.

De l'équation a , nous pouvons déduire :

1° l'ion S par la formule :

$$s = (D - d) \times 0,12598.$$

L'équation b nous permet de calculer :

2° l'ion S^2O^3 par la formule :

$$d \times 0,882.$$

3° le soufre correspondant aux hyposulfites, par la formule :

$$s_1 = d \times 0,5039.$$

Il suffira alors de déduire le soufre correspondant aux sulfures et aux hyposulfites du soufre total; on aura ainsi le soufre correspondant à l'ion sulfurique SO^4 qui sera donné par la formule :

$$[S - (s + s_1)] \times 3.$$

Ainsi pour la source Tambour 1, dont le degré sulphydrométrique est de $12^{\circ}6$, le degré de l'eau désulfurée : $1^{\circ}26$, et le soufre total 25 mg. 0, nous avons :

l'ion sulphydrique S :

$$(12,6 - 1,26) \times 0,12598 = 14 \text{ mg. } 3;$$

l'ion hyposulfureux S^2O^3 :

$$1,26 \times 0,882 = 11 \text{ mg. } 1.$$

Le soufre correspondant aux hyposulfites est de :

$$1,26 \times 0,5039 = 6 \text{ mg. } 35,$$

l'ion sulfurique sera donc :

$$[25 - (14,3 + 6,35)] \times 3 = 13 \text{ milligrammes.}$$

BIBLIOGRAPHIE

1. GAUTIER (A.). — *C. R. de l'Académie des sciences*, t. 132, p. 519-522, 1901.
 2. TRINQUIER. — Etude sur les eaux sulfureuses de Thuès-les-Bains (Pyr.-Or.). Thèse Université Montpellier (Pharmacie), p. 33-34, 1914.
 3. DIEUDONNÉ. — Méthodes actuelles d'expertises publiées sous la direction de A. KLING, t. V (Eaux et air), p. 43-44, 1922.
 4. DESGREZ, BIERRY et LESCOEUR. — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. II, p. 254, 1924.
 5. FILHOL. — *Annales de la Société d'hydrologie médicale de Paris*, t. IX, p. 359, 1862-1863.
 6. JACQUOT et WILLM. — Les eaux minérales de France, p. 78, 1894.
 7. TOUPLAIN. — Analyse générale des eaux, p. 104, 1922.
 8. *Analyse des eaux minérales de Cauterets*. — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. V, p. 83, 1927.
 9. ROSSET. — Etude sur les eaux minérales ou réputées telles du département du Jura. Thèse Université Lyon (Pharmacie), p. 32-34, 1909.
 10. TRINQUIER. — *Loc. cit.* p. 32-33, 1914.
 11. TOUPLAIN. — *Loc. cit.* p. 114, 1922.
 12. *Analyse des eaux minérales de Cauterets*. — *Loc. cit.*, t. V, p. 97, 1927.
 13. DENIGÈS. — *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, p. 313-316, 1890.
 14. BARTHE. — *Journal de pharmacie et de chimie*, p. 533, 1898.
 15. DENIGÈS. — *Précis de chimie analytique*, p. 722-723, 1920.
-

CHAPITRE IV

LES EAUX SULFUREUSES ET L'ETABLISSEMENT THERMAL DE BAREGES

Les sources utilisées de Barèges sourdent sur un espace très restreint, suivant une courbe est-ouest, dont le centre est occupé, non par la source *Tambour*, comme il a été écrit [1], mais par la source *Entrée 1*.

Ces sources, pour Carez [2] prennent naissance dans le Devonien et le Houiller et ne paraissent pas, contrairement à l'opinion de de Launay [3] en rapport avec le massif granitique dont elles sont éloignées. Carez ajoute qu'elles ne sont pas davantage au voisinage du Trias et qu'elles viennent au jour par de simples fissures, et non par de grandes failles.

Elles apparaissent, pour la plupart, au milieu de terrains de transport d'origine glaciaire, dont l'ensemble forme le *tapp*, recouvrant des sédiments d'âge carbonifère, recoupés par des filons de roches cristallines [4]. Les sources de la galerie de recherches de François paraissent dans la roche en place, avant tout calcaire.

Les sources sont au nombre de quatorze; mais si l'on examine les travaux de captage, on constate l'existence de dix-neuf et non de quatorze griffons. Lorsque plusieurs griffons sont attribués à une même source, nous leur donnons le nom de la source, affecté d'un numéro, en commençant le numérotage par l'ouest, comme l'a proposé M. Massy [5], après avoir

même galerie, *Saint-Roch* et *Louvois*. Enfin, à l'est de Barèges, à côté de la route du Tourmalet, au milieu de maisons détruites par les avalanches, *Troy*.

Le captage des sources de Barèges, hormis *Bordeu*, *Ramond*, *Chapelle* et *Nouvelle*, a été refait vers 1862, par les ingénieurs François et Peslin : le tapp a été creusé; on a formé des cuvettes dans lesquelles ont été réunis tous les naissants d'une même source, puis on a bâti sur ces cuvettes des cheminées, par lesquelles les eaux arrivent directement jusqu'aux réservoirs [9] : ce sont ces appareils qui ont pris le nom de « tambour » parce qu'imités de celui qui existait déjà à la source *Tambour*. Le captage des sources *Bordeu*, *Ramond* et *Chapelle* ne semble pas avoir été refait à cette époque. La source *Nouvelle*, découverte accidentellement, a été captée en 1882 par l'ingénieur Genreau, de façon que les autres sources ne subissent aucune modification de débit : dans ce but, le tambour a été suffisamment élevé et forme colonne d'ascension. Chacun des tambours, ainsi que la colonne de *Nouvelle*, porte un robinet de purge. Le captage des sources *Saint-Roch* et *Louvois* opéré par François dans la roche en place, est constitué par un puits.

L'eau minérale coule directement dans les réservoirs situés au-dessus des griffons, ce qui oblige la source à débiter sous pression, et diminue son débit. Des mesures faites par le Service des mines à Barèges, il ressort que le débit total des sources est d'environ 160.000 litres [10].

La mesure des débits, pour renseigner sur la puissance balnéaire de Barèges, doit être effectuée aux robinets de purge, les robinets sur tous les captages étant ouverts simultanément. Une telle mesure ne peut se faire que hors saison.

Au point de vue pratique, ce qui est intéressant à connaître, c'est le débit d'un griffon à l'arrivée au réservoir en fonctionnement normal, c'est-à-dire les robinets de purge sur les tambours étant tous fermés.

Nous avons mesuré dans ces conditions, le débit de différentes sources. Il est irrégulier, comme en témoignent les chiffres

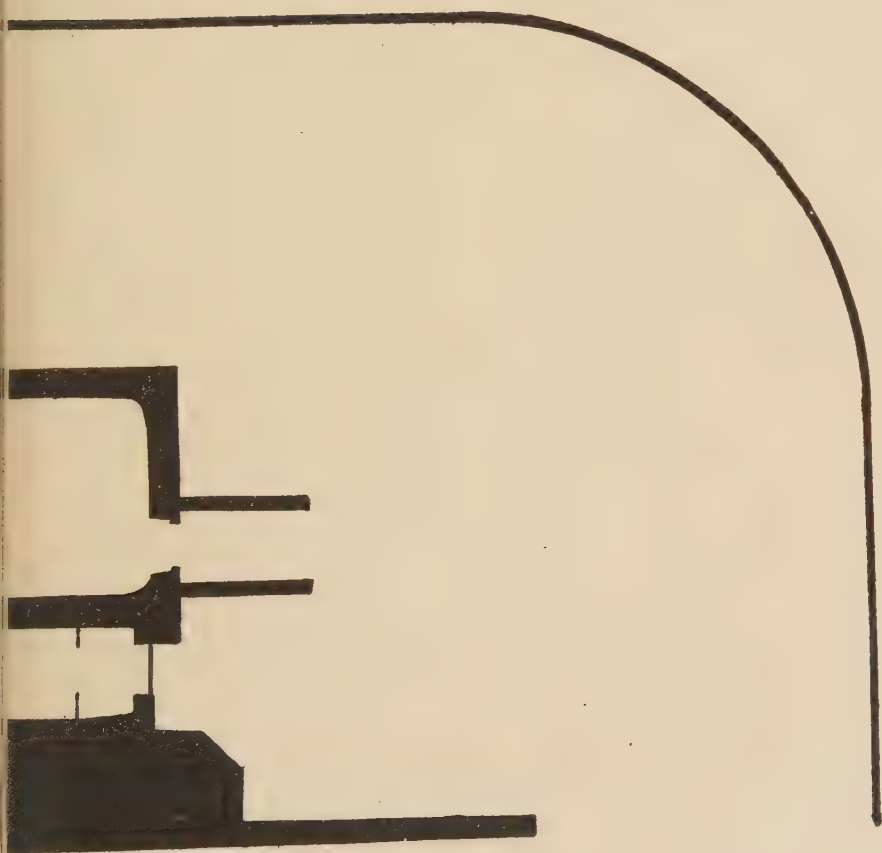
suivants, relevés pour la source *Entrée* (griffons 1 et 2 seulement), le 19 juillet 1927.

Heure.	Débit minute.
14 h. 20	9 l. 226
14 35	9 241
14 50	9 266
15 5	9 114
15 20	8 968
15 35	9 618
15 50	9 091
16 5	9 183
16 20	9 091
16 35	9 034
16 50	9 183
17 5	9 309
17 20	9 160

Nous avons vérifié à nouveau l'interdépendance des griffons de Barèges, déjà signalée en 1840 par Fontan et François [11], puis par Peslin [12]. Par exemple, nous avons obtenu au cours de jaugeages effectués dans la nuit du 6 au 7 août 1928 :

RÉGIME	SOURCE	DÉBIT A L'ARRIVÉE au réservoir (litres par minute)
Tous robinets de purge sur les tambours fermés	<i>Polard I.</i> <i>Polard II.</i> <i>Dassieu.</i>	7 l. 725 5 l. 321 6 l. 844
Le robinet de purge sur le tambour de <i>Fond</i> étant ouvert.	<i>Polard I.</i> <i>Polard II.</i> <i>Dassieu.</i>	2 l. 348 0 l. 000 5 l. 146

Les sources sont la propriété du Syndicat de la vallée de Barèges. Elles sont utilisées dans l'Etablissement thermal, construit en 1864 sur les plans de François, agrandi en 1877. Il est constitué par une grande nef formant le *Hall* de 57 m. 97 de longueur sur 6 m. 67 de largeur, orientée dans le sens de la vallée, approximativement est-ouest. De chaque côté de cette nef sont des salles de bains, précédées de déshabillloirs. Ces salles de bains sont voûtées et prennent jour par la partie supérieure. Les baignoires, en marbre des Pyrénées, enfoncées dans le sol, reçoivent l'eau minérale à la partie inférieure. Quelques salles sont réservées pour des traitements locaux



*Dressé par l'Architecte soussigné
Paris le 12 Septembre 1928.*

Macary

(bains de pieds, gargarismes, pulvérisation, douche ascendante). Le numérotage des salles commence du côté nord, va de l'ouest vers l'est, puis revient du côté sud, de l'est vers l'ouest.

Au milieu des salles de bains, côté nord, se trouvent le chauffoir du linge et les chaudières, destinées à réchauffer les eaux de *Louvois* et de *Nouvelle-Chapelle*.

En face du chauffoir, côté sud, est la buvette. Sont utilisées en boisson les eaux de : *Nouvelle*, *Ramond*, *Tambour*, *Saint-Roch* et *Troy*.

Derrière la buvette, se trouvent les douches de *Tambour* (trois salles de douche, précédées chacune de deux déshabilloirs).

En 1877-1878 ont été ajoutées à l'établissement quatre salles d'hydrothérapie (précédées chacune de trois déshabilloirs) [13]; une seule est aujourd'hui utilisée, celle située au nord de l'établissement, à côté de la cabine n° 1. Elle est alimentée par l'eau de *Nouvelle-Chapelle*.

Le tableau suivant résume la façon dont les eaux des différentes sources de Barèges sont actuellement distribuées et utilisées.

NUMÉRO des cabines.	SOURCES	DESTINATION
1	Néant.	
2, 3	<i>Tambour, Louvois chauffé.</i>	Bains de pieds.
4	Néant.	Gargarismes.
5	<i>Tambour, Fond, Louvois chauffé.</i>	Bains.
6 et 7	<i>Tambour, Fond.</i>	Bains.
8	<i>Tambour, Fond, Louvois chauffé.</i>	Bains.
9	<i>Saint Roch.</i>	Pulvérisations.
10	Néant.	Organe de pulvérisation.
11, 12	<i>Louvois, Louvois chauffé.</i>	Bains.
de 13 à 15	<i>Louvois chauffé, Chapelle.</i>	Bains.
16	<i>Louvois chauffé, Chapelle, St-Roch.</i>	Bains.
17	Néant.	Douche ascendante inutilisée.
18	<i>Geney.</i>	Bains.
19	<i>Geney, Chapelle, Bain neuf.</i>	Bains.
20, 21	<i>Chapelle, Bain neuf.</i>	Bains.
de 22 à 25	<i>Entrée, Chapelle.</i>	Bains.
de 26 à 31	<i>Polard, Bordeu, Louvois chauffé.</i>	Bains.
32	<i>Polard, Bordeu, Dassieu.</i>	Bains.
33	<i>Polard, Dassieu.</i>	Bains.

En outre, les Thermes comprennent trois piscines situées contre l'établissement, à l'ouest. Enfoncées dans le sol, elles sont éclairées par le haut et ne prennent air que par les couloirs d'accès; de plus, elles sont voûtées comme les salles de bains. Les deux piscines, dites civiles, sont alimentées par l'eau de tous les réservoirs, qui est reçue dans un bassin placé sous le hall même. La troisième piscine, piscine militaire, est alimentée par un filet d'eau émanant d'*Entrée I*, désigné sous le nom de *Filet Vierge*.

Les réservoirs sont, pour la plupart des sources, le plus près possible des griffons : les réservoirs de *Dassieu*, *Polard*, *Fond*, exactement au-dessus de leurs griffons respectifs, se trouvent derrière la partie sud de l'Etablissement contre les salles de bains de 26 à 33. Ceux d'*Entrée*, *Bain-Neuf* et *Gency*, derrière les cabines n^{os} 18 à 25, côté sud. *Tambour* possède deux réservoirs, le premier alimenté par les deux griffons entre la buvette et la première salle de douches; le second, alimenté par le trop-plein du précédent entre les deux autres salles de douches. Les réservoirs de *Troy*, *Louvois*, *Saint-Roch*, superposés, sont situés à côté de la salle n^o 17. Sous le hall de l'Etablissement même, et sous l'une des salles d'hydrothérapie inutilisée, sont trois réservoirs communiquant entre eux et recevant l'eau de *Nouvelle* et *Chapelle*; ce mélange, amené par pompage dans des réservoirs situés sous les combles, est chauffé et utilisé en douches (hydrothérapie). Le réservoir de *Bordeu* est hors de l'établissement, sous la rampe qui conduit à la Promenade-Horizontale.

Comme l'avait remarqué Armieux [14], certains réservoirs communiquent entre eux; nous avons vérifié que le trop-plein du réservoir d'*Entrée* se rend au second réservoir de *Tambour*. Il existe, entre les réservoirs *Bain-Neuf* et *Gency*, une communication telle que le trop-plein de l'un des réservoirs coule dans l'autre. Le trop-plein du réservoir du *Fond* s'écoule dans le réservoir de *Polard* et le trop-plein de celui-ci dans le réservoir de *Dassieu*, mais, par construction, le contraire ne peut avoir lieu. Le réservoir de *Polard* reçoit directement une partie de *Nouvelle*.

BIBLIOGRAPHIE

1. ARMIEUX. — Topographie médicale de Barèges, p. 164, 1870.
 2. CAREZ. — Géologie des Pyrénées françaises, p. 1117-1118, 1904.
 3. LAUNAY (DE). — Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales, p. 309, 1899.
 4. URBAIN (P.). — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. IV, p. 77, 1926.
 5. MASSY (R.). — Sur la résistivité électrique des eaux de Barèges. Communication au XII^e Congrès international d'hydrologie, climatologie et géologie médicales, Lyon, oct. 1927.
 6. FILHOL. — *Annales de la Société d'hydrologie médicale de Paris*, t. IX, p. 357-375, 1862-1863.
 7. LOMET. — Mémoires sur les eaux minérales et les monuments thermaux des Pyrénées, p. 55-56-142, an III.
 8. ARMIEUX. — *Loc. cit.*, p. 146, 1870.
 9. ARMIEUX. — *Loc. cit.*, p. 168, 1870.
 10. REBIERRE. — *Archives de médecine et pharmacie militaires*, t. LXXXVII, p. 186, 1927.
 11. FONTAN et FRANÇOIS. — Rapport sur les travaux d'aménagement des bains de Barèges, cité par MASSY, in « Contribution à l'étude physico-chimique des eaux de Barèges ». *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. V, p. 243, 1927.
 12. GRIMAUD. — Barèges et ses eaux minérales, p. 29, 1881.
 13. Société des eaux de Barèges, Saint-Sauveur. — Notice sur Barèges et Barzun-Barèges, p. 13.
 14. ARMIEUX. — *Loc. cit.*, p. 172, 1870.
-

CHAPITRE V

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons examiné l'eau de toutes les sources de Barèges :

- 1° Au ou aux griffons, chaque fois qu'il est ou qu'ils sont accessibles;
- 2° Aux réservoirs;
- 3° Aux points d'utilisation.

Nos mesures se rapportent à trois époques distinctes:

- a) Juin-septembre 1927;
- b) Janvier 1928;
- c) Juillet-août 1928.

Ayant noté la température au moment du prélèvement, nous donnons les résultats de cette observation. La température a été relevée avec un thermomètre à maxima, construit par Baudin, protégé par une enveloppe en verre et un manchon de cuivre. La lecture était faite après 15 minutes d'immersion. Pour les sources *Ramond* et *Troy*, la température a été notée exactement avec un thermomètre à mercure, à tige calibrée, vérifié.

Nous présentons nos résultats expérimentaux par source, suivant l'ordre de classification des eaux de Barèges, proposée l'an dernier par M. Massy [1] et basée sur des considérations de conductivité.

Dans un but de clarté, nous adoptons la présentation en tableaux et, pour simplifier l'exposé, nous employons les abréviations suivantes :

D.S.D. = Degré sulfhydrométrique direct;

D.S. (BaCl^2) = Degré sulfhydrométrique de l'eau traitée par le chlorure de baryum;

D.S. (CO^3Pb) = Degré sulfhydrométrique de l'eau désulfurée.

θ = Température au moment du prélèvement;

T = Temps séparant le prélèvement de la détermination;

t = Température au moment du virage.

En outre, quand, dans une cabine, il y a deux baignoires, nous dénommons baignoire n° 1 celle qui est parallèle à l'axe des Thermes et baignoire n° 2 celle qui lui est perpendiculaire.

Les auteurs, déjà anciens, qui ont étudié avec le plus de soin les eaux de Barèges, Fegueux [2] et Barillé [3], ont constaté des différences journalières dans le degré sulfhydrométrique. Nous-même avons noté de semblables différences : aussi, dans nos comptes rendus, nous précisons le jour de l'analyse.

Voir le tableau ci-contre.

1° Source Tambour.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon 1	20-8-27	43,8	12,6	$T = 0^h 50 \quad t = 25^o$
		10-1-28	43,5	12,5	$T = 0 \ 56 \quad t = 18$
		31-7-28	43,9	13,1	$T = 1 \ 23 \quad t = 28$
		8-8-27	44,0	12,9	$T = 1 \ 18 \quad t = 25$
	Griffon 2	10-1-28	43,3	12,3	$T = 2 \ 05 \quad t = 15$
		31-7-28	44,0	12,9	$T = 2 \ 55 \quad t = 22$
		31-7-28	42,7	12,9	$T = 4 \ 55 \quad t = 19$
	Réservoir 1.....	31-7-28	42,1	12,9	$T = 5 \ 00 \quad t = 19$
	Réservoir 2.....	31-7-28	42,4	12,9	$T = 1 \ 55 \quad t = 22$
	Buvette.....	31-7-28	40,3	12,6	$T = 4 \ 55 \quad t = 19$
	Cabine n° 5.....	31-7-28	40,8	12,6	$T = 3 \ 30 \quad t = 22$
	Cabine n° 8.....	31-7-28	35,8	12,1	$T = 4 \ 20 \quad t = 19$
D. S. (BaCl ²)	Griffon 1	20-8-27		11,0	$T = 0 \ 50 \quad t = 20$
		10-1-28		11,7	$T = 0 \ 56 \quad t = 12$
		31-7-28		12,6	$T = 1 \ 23 \quad t = 22$
		8-8-27		11,0	$T = 1 \ 18 \quad t = 22$
	Griffon 2	10-1-28		11,5	$T = 2 \ 05 \quad t = 10$
		31-7-28		12,3	$T = 2 \ 55 \quad t = 19$
D. S. (CO ² Pb)	Griffon 1	20-8-27		1,3	$T = 0 \ 50 \quad t = 20$
		10-1-28		0,5	$T = 0 \ 56 \quad t = 12$
		31-7-28		1,4	$T = 1 \ 23 \quad t = 22$
		8-8-27		1,3	$T = 1 \ 18 \quad t = 21$
	Griffon 2	10-1-28		0,8	$T = 2 \ 05 \quad t = 10$
		31-7-28		1,4	$T = 2 \ 55 \quad t = 19$
S total	Griffon 1	20-8-27		25 mg 0	(brome).
				25,1	(hypobromite)
				25,4	(brome)
				25,3	(hypobromite)
	Griffon 2	8-8-27			

2° Source Entrée.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon 1	8-7-27	43°6	13°3	T = 0 ^h 45 t = 23°
		12-8-27	43,9	13,2	T = 1 42 t = 23
		7-9-27	43,8	13,5	T = 0 20 t = 30
		10-1-28	42,6	12,8	T = 0 20 t = 25
		17-7-28	43,6	11,4	T = 6 16 t = 16
	Griffon 2	28-7-28	43,8	12,7	T = 2 25 t = 23
		8-7-27	43,2	13,0	T = 1 20 t = 21
		12-8-27	43,2	12,9	T = 0 48 t = 26
		7-9-27	43,2	12,7	T = 0 20 t = 30
		10-1-28	42,6	12,5	T = 0 19 t = 22
	Griffon 3	28-7-28	43,4	12,5	T = 3 40 t = 22
		8-7-27	35,8	12,5	T = 1 50 t = 19
		13-8-27	37,8	12,4	T = 1 02 t = 26
		7-9-27	38,0	11,9	T = 0 20 t = 27
		10-1-28	34,2	12,0	T = 0 16 t = 21
	Filet Vierge.	28-7-28	38,0	12,2	T = 3 47 t = 20
		8-7-27	40,8	12,0	T = 2 35 t = 19
		13-8-27	40,6	12,4	T = 0 30 t = 28
		8-9-27	40,6	12,4	T = 0 15 t = 28
		28-7-28	40,9	12,5	T = 0 25 t = 30
	Réservoir.	8-7-27	38,6	12,3	T = 3 40 t = 19
		13-8-27	38,0	11,0	T = 1 40 t = 23
		8-9-27	38,3	12,2	T = 0 17 t = 27
		28-7-28	39,1	12,2	T = 3 07 t = 20
		28-7-28	38,2	11,5	T = 2 43 t = 20
	Cab. n° 22. Baign.1	28-7-28	38,4	11,5	T = 2 55 t = 20
	Cab. n° 22. Baign.2	28-7-28	38,6	11,5	T = 2 35 t = 20
	Cabine n° 23.....	28-7-28	38,7	11,5	T = 2 10 t = 21
	Cabine n° 24.....	28-7-28	39,0	11,5	T = 2 35 t = 20
	Cabine n° 25.....	28-7-28			
D. S. (BaCl ²)	Griffon 1	8-7-27		11,8	T = 0 45 t = 21
		12-8-27		11,0	T = 1 42 t = 21
		7-9-27		11,1	T = 0 20 t = 22
		10-1-28		12,0	T = 0 20 t = 15
		28-7-28		11,7	T = 2 25 t = 20
	Griffon 2	8-7-27		11,3	T = 1 20 t = 21
		12-8-27		10,5	T = 0 48 t = 22
		7-9-27		10,6	T = 0 20 t = 22
		10-1-28		11,0	T = 0 19 t = 15
		28-7-28		11,2	T = 3 40 t = 20
	Griffon 3	8-7-27		10,6	T = 1 50 t = 19
		13-8-27		11,0	T = 1 02 t = 22
		7-9-27		10,6	T = 0 20 t = 23
		10-1-28		10,2	T = 0 16 t = 15
		28-7-28		10,7	T = 3 47 t = 20
	Filet Vierge.	8-7-27		11,3	T = 2 35 t = 19
		13-8-27		10,8	T = 0 30 t = 22
		8-9-27		10,6	T = 0 15 t = 23
		28-7-28		11,7	T = 0 25 t = 24
		8-7-27		9,8	T = 3 40 t = 19
	Réservoir.	13-8-27		9,7	T = 1 40 t = 20
		8-9-27		10,0	T = 0 17 t = 21
		28-7-28		11,5	T = 3 07 t = 20

2° Source Entrée (suite).

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. (CO ³ Pb)	Griffon 1	8-7-27		1,09	$T = 0^h45 \quad t = 21^o$
		12-8-27		1,8	$T = 1 \ 42 \quad t = 21$
		7-9-27		1,1	$T = 0 \ 20 \quad t = 21$
		10-1-28		1,3	$T = 0 \ 20 \quad t = 14$
		28-7-28		1,3	$T = 2 \ 25 \quad t = 20$
	Griffon 2	8-7-27		1,7	$T = 1 \ 20 \quad t = 21$
		12-8-27		1,3	$T = 0 \ 48 \quad t = 22$
		7-9-27		0,8	$T = 0 \ 20 \quad t = 22$
		10-1-28		1,0	$T = 0 \ 19 \quad t = 14$
		28-7-28		1,1	$T = 3 \ 40 \quad t = 20$
	Griffon 3	8-7-27		1,5	$T = 1 \ 50 \quad t = 19$
		13-8-27		1,0	$T = 1 \ 02 \quad t = 21$
		7-9-27		1,1	$T = 0 \ 20 \quad t = 21$
		10-1-28		0,5	$T = 0 \ 16 \quad t = 13$
		28-7-28		1,6	$T = 3 \ 47 \quad t = 20$
	Filet Vierge.	8-7-27		1,9	$T = 2 \ 35 \quad t = 19$
		13-8-27		1,8	$T = 0 \ 30 \quad t = 22$
		8-9-27		0,8	$T = 0 \ 15 \quad t = 23$
	Réservoir	28-7-28		1,6	$T = 0 \ 25 \quad t = 24$
		8-7-27		2,2	$T = 3 \ 40 \quad t = 19$
		13-8-27		2,6	$T = 1 \ 40 \quad t = 20$
		8-9-27		1,6	$T = 0 \ 17 \quad t = 21$
		28-7-28		2,8	$T = 3 \ 07 \quad t = 20$
S total	Griffon 1	8-7-27		25 mg 2	(hypobromite)
		12-8-27		25,2	(brome)
		12-8-27		25,3	(hypobromite)
		7-9-27		25,1	(brome)
		7-9-27		25,2	(hypobromite)
	Griffon 2	8-7-27		25,0	(hypobromite)
		12-8-27		24,9	(brome)
		12-8-27		24,9	(brome)
		7-9-27		25,0	(hypobromite)
		7-9-27		24,9	(hypobromite)
	Griffon 3	8-7-27		24,5	(brome)
		8-7-27		24,5	(hypobromite)
		13-8-27		24,6	(brome)
		13-8-27		24,5	(hypobromite)
		7-9-27		24,5	(brome)
	Filet Vierge.	7-9-27		24,5	(hypobromite)
		8-7-27		25,1	(brome)
		8-7-27		25,1	(hypobromite)
		13-8-27		25,1	(brome).
		13-8-27		25,1	(hypobromite)
	Réservoir	8-9-27		25,1	(brome)
		8-9-27		25,1	(hypobromite)
		8-7-27		24,5	(brome)
		8-7-27		24,5	(hypobromite)
		13-8-27		24,5	(brome)
		13-8-27		24,5	(hypobromite)
		8-9-27		24,5	(brome)
		8-9-27		24,5	(hypobromite)

3° Source Bain neuf.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon Réervoir. Cabine n° 19. Cabine n° 20. Cabine n° 21.	16-8-27	38°0	12°4	$T = 0^b 40 \quad t = 28^o$
		10-1-28	37,0	12,0	$T = 0 \ 21 \quad t = 22$
		19-7-28	37,8	10,9	$T = 1 \ 19 \quad t = 22$
		19-7-28	34,8	10,9	$T = 3 \ 42 \quad t = 19$
		19-7-28	34,0	10,2	$T = 0 \ 28 \quad t = 25$
		19-7-28	34,0	10,2	$T = 2 \ 04 \quad t = 19$
		19-7-28	34,0	10,2	$T = 0 \ 55 \quad t = 23$
D. S. (BaCl ²)	Griffon Réervoir.	16-8-27		9,7	$T = 0 \ 40 \quad t = 22$
		10-1-28		10,5	$T = 0 \ 21 \quad t = 13$
		19-7-28		10,4	$T = 1 \ 19 \quad t = 22$
		19-7-28		9,9	$T = 3 \ 42 \quad t = 19$
D. S. (CO ² Pb)	Griffon Réervoir.	16-8-27		1,0	$T = 0 \ 40 \quad t = 22$
		10-1-28		1,0	$T = 0 \ 21 \quad t = 14$
		19-7-28		0,3	$T = 1 \ 19 \quad t = 22$
		19-7-28		0,5	$T = 3 \ 42 \quad t = 19$
S total	Griffon 13-8-27	16-8-27		24 mg 2	(brome)
		13-8-27		24,2	(hypobromite)

4° Source Gency.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon 1 Griffon 2 Réervoir. Cab. n° 18. Baign.1 Cab. n° 18. Baign.2 Cabine n° 19.	10-8-27	38°5	12°6	$T = 1^b 08 \quad t = 24^o$
		10-1-28	37,1	12,5	$T = 0 \ 22 \quad t = 22$
		18-7-28	37,7	10,9	$T = 1 \ 49 \quad t = 21$
		6-8-28	37,7	12,3	$T = 1 \ 12 \quad t = 24$
		18-7-28	35,5	10,4	$T = 1 \ 33 \quad t = 27$
		18-7-28	35,0	10,4	$T = 2 \ 55 \quad t = 20$
		18-7-28	35,0	10,4	$T = 3 \ 25 \quad t = 17$
		18-7-28	35,0	10,4	$T = 1 \ 36 \quad t = 22$
D. S. (BaCl ²)	Griffon 1 Griffon 2 6-8-28	10-8-27		11,3	$T = 1 \ 08 \quad t = 22$
		10-1-28		11,7	$T = 0 \ 22 \quad t = 15$
		18-7-28		10,2	$T = 1 \ 49 \quad t = 21$
		6-8-28		10,8	$T = 1 \ 12 \quad t = 18$
D. S. CO ² Pb)	Griffon 1 Griffon 2 6-8-28	10-8-27		0,6	$T = 1 \ 08 \quad t = 22$
		10-1-28		0,3	$T = 0 \ 22 \quad t = 13$
		18-7-28		0,3	$T = 1 \ 49 \quad t = 21$
		6-8-28		1,1	$T = 1 \ 12 \quad t = 18$
S. total	Griffon 1 10-8-27	10-8-27		23 mg 3	(brome)
		10-8-27		23,5	(hypobromite)

5° Source Saint-Roch.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon	8-8-27	32°1	10°4	$T = 4^h 38 \quad t = 18^o$
		11-1-28	30,2	10,5	$T = 3 \ 07 \quad t = 11$
		17-7-28	32,8	10,2	$T = 6 \ 05 \quad t = 16$
		24-7-28	33,4	12,4	$T = 0 \ 22 \quad t = 24$
	Buvette.....	24-7-28	30,3	12,2	$T = 0 \ 58 \quad t = 22$
	Cabine n° 10.....	24-7-28	28,2	12,4	$T = 0 \ 02 \quad t = 25$
	Cabine n° 16.....	24-7-28	27,6	11,7	$T = 0 \ 55 \quad t = 21$
D. S. (BaCl ²)	Griffon	8-8-27		9,2	$T = 4 \ 38 \quad t = 18$
		11-1-28		10,0	$T = 3 \ 07 \quad t = 9$
		24-7-28		11,7	$T = 0 \ 22 \quad t = 19$
D. S. (CO ³ Pb)	Griffon	8-8-27		0,8	$T = 4 \ 58 \quad t = 18$
		11-1-28		0,8	$T = 3 \ 07 \quad t = 9$
		24-7-28		0,5	$T = 0 \ 22 \quad t = 19$
S total	Griffon	8-8-27		21 mg 7 21,6	(brome) (hypobromite)

6° Source Borden.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Réservoir.	18-8-27	22°8	9°5	$T = 0^h 42 \quad t = 20^o$
		12-1-28	17,2	7,9	$T = 0 \ 27 \quad t = 14$
		20-7-28	24,3	9,9	$T = 0 \ 32 \quad t = 20$
	Cabine n° 26.....	20-7-28	23,4	9,9	$T = 1 \ 10 \quad t = 19$
	Cabine n° 27.....	20-7-28	23,8	9,9	$T = 1 \ 50 \quad t = 19$
	Cabine n° 28.....	20-7-28	23,8	9,9	$T = 2 \ 30 \quad t = 19$
	Cab. n° 29. Baign.1	20-7-28	23,6	9,9	$T = 3 \ 02 \quad t = 19$
	Cab. n° 29. Baign.2	20-7-28	23,6	9,9	$T = 3 \ 50 \quad t = 19$
	Cabine n° 30.....	20-7-28	23,5	8,9	$T = 3 \ 50 \quad t = 19$
	Cabine n° 31.....	20-7-28	23,6	9,9	$T = 1 \ 00 \quad t = 19$
	Cabine n° 32.....	20-7-28	23,5	9,9	$T = 3 \ 55 \quad t = 19$
D. S. (BaCl ²)	Réservoir.	18-8-27		7,9	$T = 0 \ 42 \quad t = 19$
		12-1-28		6,6	$T = 0 \ 27 \quad t = 11$
		20-7-28		8,9	$T = 0 \ 32 \quad t = 18$
D. S. (CO ³ Pb)	Réservoir.	18-8-27		1,3	$T = 0 \ 42 \quad t = 19$
		12-1-28		1,0	$T = 0 \ 27 \quad t = 11$
		20-7-28		1,0	$T = 0 \ 32 \quad t = 18$
S. total	Réservoir.....	18-8-27		17 mg 2 17,2	(brome) (hypobromite)

7° Source Nouvelle.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon	22-8-27	35°7	8°7	$T = 1^h 02 \quad t = 23^o$
		12-1-28	34,4	8,2	$T = 0 \ 16 \quad t = 20$
		17-7-28	»	7,1	$T = 6 \ 35 \quad t = 16$
		8-8-28	36,1	9,0	$T = 0 \ 45 \quad t = 25$
	Buvette.....	8-8-28	31,3	8,8	$T = 1 \ 21 \quad t = 21$
D. S. (BaCl ²)	Griffon	22-8-27		7,6	$T = 1 \ 02 \quad t = 20$
		12-1-28		7,4	$T = 0 \ 16 \quad t = 14$
		8-8-28		8,5	$T = 0 \ 45 \quad t = 21$
D. S. (CO ² Pb)	Griffon	22-8-27		1,3	$T = 1 \ 02 \quad t = 20$
		12-1-28		0,8	$T = 0 \ 16 \quad t = 12$
		8-8-28		1,0	$T = 0 \ 45 \quad t = 21$
S. total	Griffon	22-8-27		17 mg 0 17,0	(brome) (hypobromite)

8° Source Dassieu.

NATURE- de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon	9-8-27	36°8	8°9	$T = 1^h 02 \quad t = 24^o$
		11-1-28	34,8	8,2	$T = 4 \ 09 \quad t = 11$
		21-7-28	37,0	8,9	$T = 6 \ 00 \quad t = 18$
	Réservoir.	21-7-28	34,3	8,9	$T = 5 \ 40 \quad t = 18$
	Cabine n° 32.....	21-7-28	34,0	8,7	$T = 2 \ 13 \quad t = 21$
	Cab. n° 33. Baign.1	21-7-28	34,2	8,7	$T = 2 \ 25 \quad t = 20$
	Cab. n° 33. Baign.2	21-7-28	34,2	8,7	$T = 2 \ 28 \quad t = 20$
D. S. (BaCl ²)	Griffon	9-8-27		7,3	$T = 1 \ 02 \quad t = 22$
		11-1-28		7,1	$T = 4 \ 09 \quad t = 10$
		21-7-28		8,4	$T = 6 \ 00 \quad t = 18$
D. S. (CO ² Pb)	Griffon	9-8-27		1,4	$T = 1 \ 02 \quad t = 21$
		11-1-28		1,0	$T = 4 \ 09 \quad t = 10$
		21-7-28		1,0	$T = 6 \ 00 \quad t = 18$
S total	Griffon	9-8-27		17 mg.4 17,4	(brome) (hypobromite)

9° Source Polard.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon 1	6-8-27	37°2	9°2	$T = 3^h 42 \quad t = 20^0$
		11-1-28	»	8,4	$T = 1 \ 57 \quad t = 15$
		4-8-28	37,5	8,7	$T = 4 \ 53 \quad t = 20$
	Griffon 2	25-8-27	37,0	9,3	$T = 0 \ 26 \quad t = 26$
		11-1-28	36,7	8,7	$T = 4 \ 52 \quad t = 10$
		17-7-28	»	8,9	$T = 7 \ 07 \quad t = 16$
	Réservoir. Cabine n° 26. Cabine n° 27. Cabine n° 28. Cab. n° 29. Baign.1 Cab. n° 29. Baign.2 Cabine n° 30. Cabine n° 31. Cabine n° 32. Cab. n° 33. Baign.1 Cab. n° 33. Baign.2	4-8-28	37,8	9,5	$T = 5 \ 09 \quad t = 20$
		4-8-28	35,2	8,4	$T = 4 \ 18 \quad t = 20$
		4-8-28	35,0	8,2	$T = 1 \ 49 \quad t = 21$
		4-8-28	34,9	7,9	$T = 1 \ 56 \quad t = 21$
		4-8-28	35,0	7,9	$T = 1 \ 40 \quad t = 22$
		4-8-28	35,0	8,2	$T = 2 \ 20 \quad t = 22$
		4-8-28	35,0	8,2	$T = 2 \ 28 \quad t = 21$
		4-8-28	34,8	7,9	$T = 2 \ 33 \quad t = 20$
		4-8-28	35,0	7,9	$T = 2 \ 40 \quad t = 20$
		4-8-28	34,9	8,2	$T = 2 \ 42 \quad t = 20$
		4-8-28	34,7	8,2	$T = 2 \ 45 \quad t = 20$
		4-8-28	34,8	7,9	$T = 2 \ 50 \quad t = 20$
D. S. (BaCl ²)	Griffon 1	6-8-27		6,6	$T = 3 \ 42 \quad t = 20$
		11-1-28		7,7	$T = 1 \ 57 \quad t = 10$
		4-8-28		8,2	$T = 4 \ 53 \quad t = 20$
	Griffon 2	25-8-27		7,7	$T = 0 \ 26 \quad t = 20$
		11-1-28		8,2	$T = 4 \ 52 \quad t = 10$
D. S. (CO ² Ph)	Griffon 1	4-8-28		8,7	$T = 5 \ 09 \quad t = 20$
		6-8-27		1,3	$T = 3 \ 42 \quad t = 20$
		11-1-28		1,3	$T = 1 \ 57 \quad t = 10$
	Griffon 2	4-8-28		0,9	$T = 4 \ 53 \quad t = 20$
		25-8-27		»	»
		11-1-28		1,3	$T = 4 \ 52 \quad t = 9$
S total	Griffon 1	4-8-28		1,1	$T = 5 \ 09 \quad t = 20$
		6-8-27		17 mg 9	(brome)
	Griffon 2	25-8-27		18,0	(hypobromite)
				18,0	(brome)
				18,0	(hypobromite)

10° Source Fond.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon	18-8-27	36°0	9,7	$T = 0^h 17 \quad t = 26^o$
		11-1-28	»	8,4	$T = 7 \ 40 \quad t = 9$
		2-8-28	36,4	9,0	$T = 6 \ 50 \quad t = 19$
		Réservoir.	2-8-28	34,1	$T = 6 \ 12 \quad t = 19$
		Cabine n° 5.....	2-8-28	34,0	$T = 1 \ 28 \quad t = 19$
		Cabine n° 6.....	7-8-28	33,9	$T = 0 \ 55 \quad t = 17$
		Cabine n° 7.....	7-8-28	33,5	$T = 0 \ 54 \quad t = 17$
		Cabine n° 8.....	2-8-28	33,8	$T = 1 \ 55 \quad t = 21$
D. S. (BaCl ²)	Griffon	18-8-27		8,4	$T = 0 \ 17 \quad t = 23$
		11-1-28		7,9	$T = 7 \ 40 \quad t = 9$
		2-8-28		8,4	$T = 6 \ 50 \quad t = 19$
D. S. (CO ³ Pb)	Griffon	18-8-27		1,6	$T = 0 \ 17 \quad t = 22$
		11-1-28		0,3	$T = 7 \ 40 \quad t = 8$
		2-8-28		1,1	$T = 6 \ 50 \quad t = 19$
S total	Griffon	18-8-27		18 mg 4 18,4	(brome) (hypobromite)

11° Source Chapelle.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Fissure dans le bassin de cap- tage	18-8-27	32°0	7,6	$T = 0^h 25 \quad t = 19^o$
		12-1-28	31,4	6,6	$T = 0 \ 20 \quad t = 19$
		6-8-28	»	»	»
		Cabine n° 13.....	6-8-28	29,0	$T = 3 \ 02 \quad t = 18$
		Cabine n° 14.....	6-8-28	29,1	$T = 0 \ 35 \quad t = 20$
		Cabine n° 15.....	6-8-28	29,0	$T = 3 \ 05 \quad t = 18$
		Cabine n° 16.....	6-8-28	29,1	$T = 6 \ 20 \quad t = 18$
		Cabine n° 19.....	6-8-28	29,2	$T = 6 \ 36 \quad t = 18$
		Cabine n° 20.....	6-8-28	29,3	$T = 7 \ 02 \quad t = 18$
		Cabine n° 21.....	6-8-28	29,4	$T = 7 \ 05 \quad t = 18$
		Cab. n° 22. Baign.1	6-8-28	29,0	$T = 3 \ 38 \quad t = 18$
		Cab. n° 22. Baign.2	6-8-28	29,0	$T = 3 \ 40 \quad t = 18$
		Cabine n° 23.....	6-8-28	28,9	$T = 3 \ 55 \quad t = 18$
		Cabine n° 24.....	6-8-28	29,3	$T = 3 \ 30 \quad t = 18$
		Cabine n° 25.....	6-8-28	29,2	$T = 3 \ 40 \quad t = 18$
D. S. (BaCl ²)	Fissure dans le bassin de cap- tage	18-8-27		6,3	$T = 0 \ 25 \quad t = 19$
		12-1-28		5,4	$T = 0 \ 20 \quad t = 14$
		6-8-28		»	
D. S. (CO ³ Pb)	Fissure dans le bassin de cap- tage	18-8-27		1,0	$T = 0 \ 25 \quad t = 19$
		12-1-28		0,5	$T = 0 \ 20 \quad t = 13$
		6-8-28		»	
S total	Fissure dans le bassin de cap- tage	18-8-27		13 mg 6 13,7	(brome) (hypobromite)

12° Source Louvois.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon	20-8-27	24°9	7°1	$T = 0^h 30 \quad t = 20^o$
		11-1-28	24,6	6,4	$T = 0 \ 25 \quad t = 15$
		17-7-28	24,8	6,4	$T = 5 \ 33 \quad t = 16$
		7-8-28	25,1	7,0	$T = 0 \ 30 \quad t = 20$
	Cabine n° 11.....	7-8-28	21,1	6,4	$T = 2 \ 05 \quad t = 18$
	Cabine n° 12.....	7-8-28	21,2	5,9	$T = 2 \ 33 \quad t = 18$
D. S. (BaCl ²)	Griffon	20-8-27		6,5	$T = 0 \ 30' \quad t = 18$
		11-1-28		4,8	$T = 0 \ 25 \quad t = 12$
		7-8-28		6,4	$T = 0 \ 30 \quad t = 18$
D. S. (CO ³ Pb)	Griffon	20-8-27		0,8	$T = 0 \ 30 \quad t = 18$
		11-1-28		1,0	$T = 0 \ 25 \quad t = 10$
		7-8-27		0,7	$T = 0 \ 30 \quad t = 18$
S total	Griffon	20-8-27		12 mg 2 12,3	(brome) (hypobromite)

13° Source Troy.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Arrivée au réserv. Réservoir.	17-7-28	17°4	2°8	$T = 1^h 50 \quad t = 17^o$
		17-7-28	17,2	2,3	$T = 1 \ 11 \quad t = 17$
		17-8-27	18,8	5,8	$T = 0 \ 31 \quad t = 18$
	Buvette.....	11-1-28	14,2	4,6	$T = 0 \ 12 \quad t = 12$
		17-7-28	18,0	2,0	$T = 2 \ 28 \quad t = 17$
		7-8-28	19,5	3,6	$T = 0 \ 10 \quad t = 17$
D. S. (BaCl ²)	Buvette.....	17-8-27		3,9	$T = 0 \ 31 \quad t = 18$
		11-1-28		3,1	$T = 0 \ 12 \quad t = 10$
		17-7-28		1,8	$T = 2 \ 28 \quad t = 17$
D. S. (CO ³ Pb)	Buvette.....	17-8-27		0,7	$T = 0 \ 31 \quad t = 18$
		11-1-28		1,0	$T = 0 \ 12 \quad t = 9$
		17-7-28		1,3	$T = 2 \ 28 \quad t = 17$
S total	Buvette.....	17-8-27		10 mg 6 10,6	(brome) (hypobromite)

14° Source Ramond.

NATURE de la déter- mination.	LIEU du prélèvement.	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Griffon	10-8-27	27°0	2°3	$T = 0^h 58 \quad t = 18^{\circ}$
		11-1-28	26,8	1,5	$T = 5 \ 30 \quad t = 9$
		17-7-28	27,0	0,8	$T = 6 \ 40 \quad t = 16$
	Buvette.....	2-8-28	27,2	2,9	$T = 8 \ 46 \quad t = 19$
		2-8-28	27,2	2,7	$T = 8 \ 45 \quad t = 19$
D. S. (BaCl ²)	Griffon	10-8-27		2,0	$T = 0 \ 58 \quad t = 18$
		11-1-28		1,0	$T = 5 \ 30 \quad t = 9$
		2-8-28		2,4	$T = 8 \ 46 \quad t = 19$
D. S. (CO ³ Pb)	Griffon	10-8-27		1,0	$T = 0 \ 58 \quad t = 18$
		11-1-28		0,5	$T = 5 \ 30 \quad t = 9$
		2-8-28		0,9	$T = 8 \ 46 \quad t = 19$
S tot 1	Griffon	10-8-27		6 mg 9 6,7	(brome) (hypobromite)

Outre les quatorze sources qui alimentent les Thermes de Barèges, il existe à 500 mètres de Barèges, sur la route de Luz, une source importante utilisée dans un modeste établissement dit de *Barzun* (propriété particulière).

Un échantillon prélevé, le 30 juillet 1927, à un robinet d'une baignoire présentait un degré sulfhydrométrique direct :

$$D.S.D. = 8^{\circ}1 \quad T = 4 \text{ h. } 0 \quad t = 19^{\circ}$$

Il existe encore à Barèges d'autres sources sulfureuses de faible débit, non captées, dont l'examen nous a donné les résultats suivants :

NATURE de la déter- mination	DÉNOMINATION de la source	DATE	Θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
D. S. D.	Pointis	26-8-27	17°8	6°1	$T = 3^h 32 \quad t = 15^{\circ}$
	Sainlaure	26-8-27	13,7	6,3	$T = 2 \ 57 \quad t = 14$
	Baar	26-8-27	10,6	6,9	$T = 2 \ 25 \quad t = 14$
	Artigalas.....	11-1-28	»	2,8	$T = 3 \ 42 \quad t = 11$

BIBLIOGRAPHIE

1. MASSY. — Sur la résistivité électrique des eaux de Barèges. Communication au xii^e Congrès international d'hydrologie, climatologie et géologie médicales, Lyon, oct. 1927.
 2. FEGUEUX. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXV, p. 150, 1871.
 3. BARILLE. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXXV, p. 322, 1879.
-

CHAPITRE VI

DISCUSSION DES RESULTATS

Dans ce chapitre, nous comparons nos résultats entre eux et aux résultats des auteurs qui, avant nous, se sont occupés de la sulfuration des eaux de Barèges.

La sulfuration étant exprimée, suivant les auteurs, en soufre, monosulfure de sodium ou degré sulfhydrométrique, les uns faisant état du soufre total, d'autres non, nous avons été conduit, pour faciliter les comparaisons, à exprimer nos résultats, ainsi que ceux des autres auteurs, en ions sulfhydrique (S), hyposulfureux (S^2O^3) et sulfurique (SO^4).

Ce serait allonger inutilement ce travail que de reporter ici les tableaux que nous avons dressés pour chaque source, et dans lesquels les résultats (exprimés en ions) sont rapprochés de ceux de nos devanciers. Nous passons tout de suite aux constatations que permet cette comparaison et qui paraissent devoir être retenues.

A. — Sulfuration totale ($S + S^2O^3$) exprimée par le D.S.D.

Nous avons fait la moyenne des degrés sulfhydrométriques directs que nous avons obtenus, ainsi que la moyenne des degrés sulfhydrométriques extrêmes; ces deux moyennes con-

cordent généralement à 0,1 près comme le montre le tableau suivant :

SOURCE	LIEU DU PRÉLÈVEMENT	m.yen D.S.D.	MOYENNE des extrêmes.
<i>Tambour I</i>	Robinet de purge sur la colonne	12,07	12,08 $\pm$ 0,3
<i>Tambour II</i>	de captage.	12,7	12,6 $\pm$ 0,3
<i>Entrée I ..</i>	d°	12,8	12,5 $\pm$ 1,0
<i>Entrée II ..</i>	d°	12,7	12,7 $\pm$ 0,3
<i>Entrée III.</i>	d°	12,2	12,2 $\pm$ 0,3
<i>Bain neuf.</i>	d°	11,8	11,7 $\pm$ 0,7
<i>Gency I ..</i>	d°	12,0	11,8 $\pm$ 0,8
<i>Gency II ..</i>	d°	12,3	12,3
<i>Saint-Roch.</i>	Bassin de captage.	10,9	11,3 $\pm$ 1,1
<i>Bordeu ...</i>	Réservoir.	9,1	8,9 $\pm$ 1,0
<i>Nouvelle ..</i>	Robinet de purge sur la colonne	8,3	8,1 $\pm$ 1,0
<i>Dassieu. ..</i>	de captage.	8,7	8,6 $\pm$ 0,3
<i>Polard I..</i>	d°	8,8	8,8 $\pm$ 0,4
<i>Polard II.</i>	d°	9,1	9,1 $\pm$ 0,4
<i>Fond.</i>	d°	9,0	9,1 $\pm$ 0,6
<i>Chapelle ..</i>	Fissure du bassin de captage.	7,1	7,1 $\pm$ 0,5
<i>Louvois. ..</i>	Bassin de captage.	6,7	6,8 $\pm$ 0,3
<i>Troy</i>	Buvette.	4,0	3,9 $\pm$ 1,9
<i>Ramond ..</i>	Robinet de purge sur la colonne	1,9	1,8 $\pm$ 1,1
	de captage.		

a) Ces chiffres montrent une fois de plus l'étendue remarquable de la gamme de sulfuration des eaux de Barèges, qui varie de 1°9 à 12°7.

Les stations voisines ne disposent pas d'une gamme aussi riche : à Saint-Sauveur [1], elle s'étend de 6°8 à 9 degrés; à Cauterets [2], de 4°38 à 6°10.

b) Nos chiffres montrent, en outre, que la variation du degré sulfhydrométrique direct est :

1° Faible (inférieure à 10 p. 100) pour tous les griffons, excepté ceux indiqués en b;

3° Notable ou importante (supérieure 10 p. 100) pour *Bordeu*, *Nouvelle*, *Troy*, *Ramond*.

Contrairement à l'opinion d'Armieux [3], pour qui les

sources de Barèges n'éprouvent que des variations de sulfurations minimales, pour les quatre derniers griffons nous avons noté des différences notables.

Ces griffons sont situés en dehors du massif de béton établi par François pour le captage des grandes sources de Barèges par pression hydrostatique. Elles doivent donc pouvoir être modifiées plus que les autres par les eaux sauvages.

En ce qui concerne la source *Ramond*, l'hypothèse est d'autant plus acceptable que M. Massy [4] a montré, par l'étude systématique des résistivités, que ce griffon était constitué partiellement par une infiltration d'eau du torrent, le Bastan.

c) Un nouveau fait en faveur de cette hypothèse est l'influence des précipitations atmosphériques sur les eaux minérales de Barèges : à la suite d'une chute de pluie de 43 mm. 3 (quantité maxima tombée en vingt-quatre heures, pendant les trois mois de la saison thermale 1928), nous avons observé une baisse du degré sulfhydrométrique. Les sources les plus touchées sont celles situées hors du massif de béton de François, comme le montrent, dans le tableau suivant, les rapports :

$$R = \frac{\text{différence } (b - a)}{\text{D.S.D moyen}}$$

SOURCE ET LIEU du prélèvement.	DATE	PLUIE	D. S. D.	OBSERVATIONS	R
<i>Entrée I</i>	17-7-28	43,3	11,4 (a)	$T = 6^h 16 \quad t = 16^o$	0,10
(griffon)	28-7-28	0,39	12,7 (b)	$T = 2 \ 25 \quad t = 23$	
<i>Saint-Roch</i> . .	17-7-28	43,3	10,2	$T = 6 \ 05 \quad t = 16$	0,20
(griffon)	24-7-28	0 depuis 6 jours	12,4	$T = 0 \ 22 \quad t = 24$	
<i>Nouvelle</i>	17-7-28	43,3	7,1	$T = 6 \ 35 \quad t = 16$	0,23
(griffon)	8-8-28	0 depuis 3 jours	9,0	$T = 0 \ 45 \quad t = 25$	
<i>Troy</i>	17-7-28	43,3	2,0	$T = 0 \ 10 \quad t = 17$	0,40
(buvette) . . .	7-8-28	0 depuis 2 jours	3,6	$T = 2 \ 28 \quad t = 17$	
<i>Ramond</i>	17-7-28	43,3	0,8	$T = 6 \ 40 \quad t = 16$	1,10
(griffon)	2-8-28	0 depuis 3 jours	2,9	$T = 8 \ 46 \quad t = 19$	

Ainsi, nos expériences établissent que les eaux de Barèges, comme l'a déjà montré Barillé [5], sont, contrairement à l'opinion de Fegueux [6], influencées par la pluie.

d) Fegueux [6] comparant les déterminations qu'il avait faites aux mêmes sources à différentes époques, avait constaté que la sulfuration suit une marche ascensionnelle de juillet à septembre. Nous n'avons pas constaté cette marche ascendante au cours de nos observations de 1927 à la source *Entrée* : les résultats que nous avons obtenus sont les mêmes, aux erreurs d'expérience près, pour les mois de juillet et août. Pour le mois de septembre, nos résultats provenant de déterminations effectuées après trois jours de pluie (pour lesquels le pluviomètre a indiqué 34 mm. 8) ont pu être influencés et ne sont pas comparables aux précédents.

B. — Sulfuration totale ($S + S^2O^3$) comparée entre le griffon et le point d'utilisation.

Les eaux de Barèges, avant de se rendre à leur point d'utilisation, traversent toutes un réservoir. Seules, trois sources, se rendant à la buvette, échappent à ce circuit; ce sont : *Nouvelle*, *Ramond*, *Saint-Roch*. Pour ces sources, le degré sulfhydrométrique direct, modifié par le seul trajet dans une canalisation, subit une diminution, qui, de 1,64 p. 100 pour *Saint-Roch* et 2,22 p. 100 pour *Nouvelle*, atteint 6,89 p. 100 pour *Ramond*.

Les eaux arrivant aux réservoirs subissent aussi une perte de sulfuration. Elles sont en effet soumises, après la circulation dans une canalisation, à l'action de l'air dans un réservoir plus ou moins bien fermé; les variations du volume d'eau dans le réservoir entraînent une circulation d'air, et l'eau se trouve d'autant plus soumise à cette action que son volume est moindre. Nous avons ainsi pour *Entrée* une perte moyenne de sulfuration de 7 p. 100, perte maxima que nous avons observée.

A l'arrivée aux baignoires, le degré sulfhydrométrique se

trouve encore abaissé; la diminution maxima observée par nous est encore celle de la source *Entrée*, qui s'élève à 8,4 p. 100, si nous en exceptons *Polard*, dont le réservoir reçoit une partie de *Nouvelle*.

Contrairement à l'opinion d'Armieux [7], les eaux de Barèges subissent donc des modifications entre le griffon et le point d'utilisation. Une fermeture plus hermétique des réservoirs est à souhaiter pour éviter le plus possible des causes d'altération.

C. — Ion hyposulfureux.

Filhol, directeur de l'Ecole de médecine et professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, dans son étude des eaux de Barèges, en 1860 [8], n'indique pas la présence d'hyposulfites. Ses analyses ont été faites sur des échantillons qu'il dit prélevés le plus près possible des griffons, sans spécifier l'endroit exact des prélèvements.

Ultérieurement, Willm, professeur à la Faculté des sciences de Lille, au cours de ses remarquables travaux sur les eaux minérales de France, étudie les principales sources de Barèges et y reconnaît la présence d'hyposulfites en quantité dosable [9], mais il n'indique pas le lieu de ses prélèvements.

Plus récemment, les docteurs Robine et Dejussieu, analysant les eaux de Barèges, y dosent l'ion hyposulfureux. Dans leur note, présentée à la Société de pharmacie de Paris [10], les auteurs n'indiquent ni la date ni le lieu des prélèvements; d'une correspondance particulière, il résulte que leurs prélèvements ont été effectués à l'arrivée aux réservoirs et que leurs mesures datent de 1925.

Nous rapprochons ci-dessous les résultats trouvés pour une même source (*Tambour*) par les auteurs précédents et par nous-même :

Référence.	S ² O ³	Observations.
Filhol	»	
Willm.....	7 mg. 6	
Robine-Dejussieu. . .	5 3	
L'auteur.....	9 6	Moyenne de 6 déterminations.

La teneur en hyposulfites varie donc suivant l'auteur, et dans de fortes proportions. Il est assez difficile de comparer ces chiffres entre eux, ne connaissant pas le lieu de prélèvement.

En outre, entre nos diverses déterminations relatives à une même source, mais effectuées à des époques différentes, nous avons parfois des différences considérables que, dans l'état actuel, nous ne pouvons expliquer. Il y a là quelque chose qui reste obscur, et nous nous proposons d'effectuer de nouvelles recherches pour l'élucider.

En effet, la détermination du degré sulfhydrométrique de l'eau traitée par le carbonate de plomb intéresse non seulement le dosage de l'ion hyposulfureux, mais elle intéresse également le dosage du soufre sous les formes d'ions sulfhydrique et sulfurique, puisque le dosage du soufre sous ces deux formes s'obtient par différence dans les conditions indiquées au chapitre III.

D. — Ion sulfurique

Ici encore, et pour la raison précédente, nous constatons des différences entre nos résultats et ceux des autres auteurs. Ces différences peuvent être considérables, comme en témoignent les exemples suivants :

Référence.	Tambour.	Dassieu.
Filhol.	traces	16 mg. 8
Willm.	12 mg. 8	»
Robine-Dejussieu.	15 8	23 0
L'auteur.	13 0	2 1

Mais ce qui est beaucoup plus important à considérer à notre avis, c'est le soufre total, car sa détermination présente sur les déterminations des ions S , S^2O^3 et SO^4 les avantages suivants :

- a) Le soufre total s'obtient par méthode pondérale et non volumétrique;
- b) Il correspond à une mesure directe;

c) Le résultat est indépendant de l'altération que peut éprouver l'eau entre l'heure du prélèvement et celle du dosage. En effet, avec les eaux de Barèges, on peut toujours craindre l'altération par oxydation, tandis que la perte de soufre par départ d'hydrogène sulfuré paraît négligeable dans les conditions de nos expériences.

E. — Soufre total.

Si l'on rapproche les uns des autres les dosages de soufre total rapportés au chapitre V, on a le tableau suivant, qui mérite de retenir l'attention :

Lieu du prélèvement.	Soufre total (milligrammes p. litre).
<i>Tambour I</i>	25,0
<i>Tambour II</i>	25,4
<i>Entrée I</i>	25,2
<i>Entrée II</i>	24,9
<i>Entrée III</i>	24,5
<i>Bain neuf</i>	24,2
<i>Gency I</i>	23,4
<i>Saint-Roch</i>	21,6
<i>Bordeu</i>	17,2
<i>Nouvelle</i>	17,0
<i>Dassieu</i>	17,4
<i>Polard I</i>	17,9
<i>Polard II</i>	18,0
<i>Fond</i>	18,4
<i>Chapelle</i>	13,6
<i>Louvois</i>	12,3
<i>Troy</i>	10,6
<i>Ramond</i>	6,8

a) On voit que la teneur maxima en soufre total est trouvée au griffon *Tambour II*.

Si l'on considère les chiffres de notre tableau d'une part, et d'autre part le plan ci-annexé des Thermes de Barèges, on constate que le soufre total va en décroissant quand on

s'éloigne du griffon *Tambour II* aussi bien vers l'ouest que vers l'est.

Il existe une exception : *Ramond*, mais l'exception n'est qu'apparente, puisqu'il est démontré que ce griffon reçoit une infiltration du torrent le Bastan, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire.

b) La comparaison des degrés sulfhydrométriques permettait de saisir des ressemblances entre certaines sources. Mais la comparaison des résultats du dosage du soufre total rend ces ressemblances plus manifestes. Et il est possible de baser sur cette considération du soufre total une classification des eaux de Barèges : quatre groupes apparaissent très nettement.

Si l'on se rapporte encore au plan des Thermes de Barèges, on verra que ces groupes sont en relation avec la situation géographique, exception faite pour *Ramond*.

Cette classification se superpose rigoureusement à la classification proposée par M. Massy [11]. Elle s'accorde avec ce que nous savons de la résistivité électrique et de la radioactivité des eaux de Barèges, comme en témoignent les chiffres suivants :

GROUPE	SOUFRE TOTAL	RÉSISTIVITÉ (M. MASSY)	RADIOACTIVITÉ (M. MASSY)
<i>I Centre...</i>	de 25,4 à 21,6	de 3.438 à 3.558	de 0,454 à 0,610
<i>II Ouest...</i>	de 18,4 à 17,0	de 3.849 à 4.241	de 0,637 à 0,753
<i>III Est.</i>	de 13,6 à 10,6	de 4.694 à 6.029	de 1,090 à 1,620
<i>IV Ramond.</i>	6,8	7.370	0,470

c) Nos résultats de soufre total apportent un argument défavorable à l'hypothèse suivant laquelle les différentes sources de Barèges proviendraient d'une montée thermique unique, se diversifiant en plusieurs filets au voisinage de l'écorce terrestre et se refroidissant d'autant plus que ces eaux parcouraient un plus long chemin.

S'il en était ainsi, on trouverait vraisemblablement à tous

les griffons une teneur semblable en soufre total, la différence d'un griffon à un autre portant seulement sur la température et le degré sulfhydrométrique. Or nos dosages du soufre total montrent qu'il n'en est pas ainsi.

A notre avis, l'hypothèse de la montée thermique unique ne saurait être retenue, comme l'a signalé déjà Fegueux [42], en se basant sur les variations de température. Nous estimons plus logique d'admettre l'existence d'une eau sulfureuse d'origine profonde, chaude, non radioactive, se mélangeant plus ou moins avec une eau froide, non sulfureuse et légèrement radioactive (les sources les plus radioactives de Barèges, celles du groupe de l'Est, étant en même temps les moins riches en soufre total, *Ramond* toujours excepté).

En somme, l'hypothèse donnée par M. Lepape [43] pour expliquer l'origine des eaux de Luchon est applicable à Barèges, mais, dans cette station, l'eau froide n'a pas la forte radioactivité de l'eau froide de Luchon.

BIBLIOGRAPHIE

1. JACQUOT et WILLM. — Les eaux minérales de la France, p. 347, 1894.
 2. *Analyse des Eaux de Cauterets.* — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. V, p. 83, 1927.
 3. ARMIEUX. — Topographie médicale de Barèges, p. 172, 1870.
 4. MASSY. — Contribution à l'étude physico-chimique des eaux de Barèges. *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. V, p. 248, 1927.
 5. BARILLE. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXXV, p. 322, 1879.
 6. FEGUEUX. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXV, p. 150, 1871.
 7. ARMIEUX. — *Loc. cit.*, p. 143, 1870.
 8. FILHOL. — *Annales de la Société d'hydrologie médicale de Paris*, t. IX, p. 357-375, 1862-1863.
 9. JACQUOT et WILLM. — *Loc. cit.*, p. 344-346, 1894.
 10. ROBINE et DEJUSSIEU. — *Journal de pharmacie et de chimie*, 8^e série, t. VII, p. 9, 1928.
 11. MASSY. — *Loc. cit.*, t. V, p. 244-258, 1927.
 12. FEGUEUX. — *Loc. cit.*, 3^e série, t. XXV, p. 151, 1871.
 13. LEPAPE (A.). — *C. R. de l'Académie des sciences*, t. 176, p. 1908 1923.
-

CHAPITRE VII

MODIFICATIONS DE LA SULFURATION DES EAUX AVANT ET AU COURS DE LEUR EMPLOI

Nous allons étudier maintenant les modifications de sulfuration que subissent les eaux de Barèges avant et au cours de leur emploi.

A. — Nous avons mentionné (chap. VI) les différences que l'on constatait pour chaque source entre le degré sulfhydrométrique au griffon et le degré sulfhydrométrique aux points d'utilisation (robinets des baignoires, buvette, Filet Vierge). Mais toutes les eaux ne sont pas utilisées dans cet état naturel. Le débit des sources hyper et homéothermales étant relativement faible, on a cherché à augmenter la puissance balnéaire des Thermes de Barèges, en chauffant des eaux sulfureuses hypothermales. Et c'est de ces eaux dites « réchauffées » (mais qu'il conviendrait mieux de dire « chauffées », puisqu'on les porte à une température supérieure à celle qu'elles possèdent à l'émergence) que nous nous occuperons dans la première partie de ce chapitre. Ce sont les eaux des sources : 1° *Louvois*; 2° *Nouvelle et Chapelle*, en mélange; 3° *Saint-Roch*.

1° *Louvois*. — L'eau de la source *Louvois* est amenée dans une petite caisse métallique, découverte, par l'intermédiaire d'un robinet à flotteur (la même caisse peut recevoir occasionnellement, par un second robinet à flotteur, de l'eau provenant du réservoir *Nouvelle-Chapelle*). Cette caisse alimente un bassin métallique chauffé à feu nu. A l'aide d'un dispositif particulier, la chaleur du bassin est utilisée pour chauffer le linge de l'établissement.

Nous avons déterminé, le 7 août 1928, le degré sulfhydrométrique direct de l'eau au griffon à son arrivée au robinet à flotteur et à diverses cabines. Nous avons obtenu :

LIEU DU PRÉLÈVEMENT	θ	RÉSULTAT	OBSERVATIONS
Griffon.....	25,1	7,0	$T = 0^{\text{h}} 40$ $t = 20^{\circ}$
Arrivée au réservoir....	21,1	6,4	$T = 2\ 05$ $t = 18$
Cabine n° 6.	43,8	3,3	$T = 0\ 38$ $t = 27$
Cabine n° 7.	49,2	3,1	$T = 5\ 24$ $t = 17$
Cabine n° 11.	51,6	3,6	$T = 0\ 30$ $t = 29$
Cabine n° 12.	51,8	3,1	$T = 0\ 38$ $t = 28$
Cabine n° 15.	50,0	3,3	$T = 4\ 13$ $t = 17$

Le degré sulfhydrométrique est donc abaissé; il l'était déjà à la suite du long parcours que l'eau accomplit du griffon au réservoir, comme le montre le plan. La diminution du degré sulfhydrométrique entre l'arrivée au réservoir et celle aux points d'utilisation est encore plus importante, mais ici, il nous est difficile de conclure, ignorant si nous avons bien eu le *Louvois* chauffé pur. Nous ne pouvons donc vérifier l'opinion de Barillé [4] pour qui l'eau chauffée de la source *Louvois* subit une perte insignifiante de sulfure de sodium entre 50 et 60 degrés.

2° *Nouvelle-Chapelle*. — Le mélange des eaux de *Nouvelle* et *Chapelle* se fait dans les trois réservoirs situés sous le hall des Thermes. A l'aide d'une pompe, mue par la turbine, il est amené sous les combles dans un réservoir métallique entièrement fermé. Il traverse ensuite deux autres réservoirs semblables au précédent, puis s'écoule par un robinet à flotteur dans un réservoir ouvert. De là, le mélange descend dans la chaufferie où il est chauffé de manière semblable à celle utilisée pour *Louvois*; il remonte ensuite sous les combles pour obtenir la pression nécessaire pour les douches.

Après ce long trajet, l'eau qui arrive au robinet de la salle d'hydrothérapie a une température de 50 degrés, son degré sulfhydrométrique direct est :

$$\text{D.S.D.} = 0^{\circ}7 \ (T = 1\ \text{h. } 08, t = 23^{\circ}).$$

Si nous comparons ce degré sulfhydrométrique aux degrés moyens de *Nouvelle* : 8°3, et de *Chapelle* : 7°1 (V. chap. VI), nous constatons une baisse très importante; 90 p. 100 de la sulfuration ont disparu.

M. Massy [2], étudiant la même douche, a confirmé notre conclusion et, en outre, montré qu'avant chauffage l'eau avait perdu la plus grande partie de sa sulfuration.

Si le brassage de l'eau à l'air est certainement une cause d'altération, le brassage, même en vase clos, nous paraît susceptible d'avoir une influence sur l'abaissement du degré sulfhydrométrique. Nous nous proposons d'instituer des expériences pour vérifier cette hypothèse.

3° *Saint-Roch*. — L'eau de la source *Saint-Roch* est utilisée, après réchauffement, en pulvérisations. Il est d'usage de dire que c'est l'eau de Barèges qui rappelle le plus celle de la Raillère; rien n'est plus inexact au point de vue chimique, puisque la température, pour la Raillère [3], est de 38°8 et son degré sulfhydrométrique : 5°; tandis que pour *Saint-Roch* la température est de 33°4 et le degré sulfhydrométrique : 12°4.

L'eau de *Saint-Roch* est chauffée au bain-marie : celui-ci est alimenté par un courant d'eau de *Louvois* chauffé. La température de l'eau du bain-marie peut être, en outre, élevée à l'aide d'un réchaud à bois. L'eau de *Saint-Roch* chauffée est puisée dans le bassin de chauffe à l'aide d'une pompe, mue électriquement, et envoyée dans la salle de pulvérisations.

Nous avons obtenu, le 24 juillet 1928, les degrés sulfhydrométriques directs suivants :

LIEU DU PRÉLÈVEMENT	Θ	D. S. D.	OBSERVATIONS
Griffon.....	33°4	12°4	$T = 0^{\text{h}}22 \quad t = 24^{\circ}$
Arriv. au bassin de chauffe	28,2	12,4	$T = 0 \ 02 \quad t = 25$
Pulvérisations	33,2	10,4	$T = 1 \ 45 \quad t = 22$

Nous constatons ici encore un abaissement du degré sulfhydrométrique que nous ne pouvons attribuer à la seule action du chauffage. Il y a, là aussi, brassage de l'eau à l'air après un parcours important entre le griffon et l'appareil.

B. — Dans la seconde partie de ce chapitre, nous rapportons les expériences que nous avons faites en vue de saisir les modifications de sulfuration éprouvées par une eau au cours de son emploi.

Nous nous sommes adressé à l'eau de la source *Entrée* qui a le double avantage de servir, d'après Armieux [4], à la préparation des bains les plus forts de Barèges (il faut entendre ici le mot « fort » au sens thérapeutique), et d'être employée en bains de baignoire et de piscine (piscine militaire)

1° *Bains de baignoire*. — Nous avons pris la température et le degré sulfhydrométrique direct de l'eau avant et après le bain; nous avons opéré le 8 septembre 1927 à la cabine n° 24.

Prélèvement.	Θ	D. S. D.	Observations.	
Avant le bain.....	35°8	11°6	$T = 0$ h. 33	$t = 24^{\circ}$
Après le bain.....	34,0	11,1	$T = 0$ 12	$t = 25$

Cette expérience confirme la conclusion de Fegueux [5] : après le bain, la température seule est abaissée, le degré sulfhydrométrique direct éprouve une diminution « à peu près insignifiante ».

2° *Bains de piscine*. — Nous les avons étudiés à la piscine militaire.

Cette piscine est rectangulaire; pour connaître ses dimensions, il faut la décomposer en trois parties parce qu'il existe deux marches qui la rétrécissent successivement, et forment trois tranches dont les dimensions sont :

	Hauteur.	Longueur.	Largeur
Tranche inférieure. ...	0 m. 30	3 m. 38	1 m. 23
Tranche moyenne	0 345	4 07	1 91
Tranche supérieure....	0 325	4 73	2 56

La hauteur de l'eau dans la piscine est de 0 m. 82; un déversoir situé à cette hauteur amène le trop-plein au torrent. La volume utile de la piscine est de 6.050 litres.

Elle est alimentée par la source *Entrée I* (Filet Vierge), qui débite six litres d'eau environ par minute, débit nécessaire pour que la piscine soit pleine à l'heure du bain.

Le remplissage de la piscine commence à 23 heures. La première série de bains a lieu le lendemain à 15 heures, et les séries se continuent jusqu'à 17 heures environ. Elles reprennent ensuite à 21 heures et se continuent jusqu'à 23 heures; on opère alors la vidange de la piscine.

A deux reprises différentes : 1° du 3 au 4 août, 2° du 5 au 6 septembre 1927, nous avons pris la température et le degré sulfhydrométrique de la piscine toutes les deux heures, pendant 24 heures. Les deux expériences donnant des résultats de même nature, nous donnons ci-dessous les chiffres se rapportant à la deuxième seulement :

Voir le tableau ci-contre.

HEURE	LIEU du prélèvement.	Θ	RÉSUL- TATS	OBSERVATIONS
23 h.	Filet Vierge	40,9	12,7	$T = 0^h 23 \quad t = 23^o$
1	Piscine, fond.	34,2	10,6	$T = 0 \quad 10 \quad t = 26$
3	Piscine, fond.	33,9	11,4	$T = 0 \quad 25 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	34,0		
5	Piscine, fond.	34,0	11,4	$T = 0 \quad 10 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	34,2		
7	Piscine, fond.	33,8	11,4	$T = 0 \quad 13 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	34,3		
9	Piscine, fond.	33,2	11,4	$T = 0 \quad 15 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	34,3		
11	Piscine, fond.	33,0	11,4	$T = 0 \quad 15 \quad t = 24$
	— 1 ^{re} marche ...	34,3		
13	Piscine, fond.	33,2	11,6	$T = 0 \quad 08 \quad t = 27$
	— 1 ^{re} marche ...	34,0		
	— 2 ^e marche ...	34,6		
15	Piscine, fond.	33,2	11,9	$T = 0 \quad 05 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	34,0		
	— 2 ^e marche ...	34,6		
17	Piscine, fond.	34,0	10,3	$T = 0 \quad 17 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	34,0		
	— 2 ^e marche ...	34,0		
	Filet Vierge.....	40,9	12,7	$T = 0 \quad 19 \quad t = 27$
19	Piscine, fond.	33,6	10,1	$T = 0 \quad 30 \quad t = 24$
	— 1 ^{re} marche ...	33,6		
	— 2 ^e marche ...	33,6		
21	Piscine, fond.	33,0	10,8	$T = 0 \quad 31 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	33,6		
	— 2 ^e marche ...	33,8		
23	Piscine, fond.	33,4	9,3	$T = 0 \quad 10 \quad t = 25$
	— 1 ^{re} marche ...	33,4		
	— 2 ^e marche ...	33,4		

Les chiffres du tableau montrent, au début du remplissage de la piscine, une chute de 2^o1 sulfhydrométriques. Cette baisse tient à ce que l'eau offre une grande surface de contact avec l'air pour un faible volume. Le degré sulfhydrométrique et la température vont ensuite en augmentant jusqu'à l'heure du bain; pendant ce temps, l'eau de la piscine, non brassée, n'a pas partout la même température : elle est plus froide au fond qu'à la surface. Après la première série de bains, la température de l'eau est devenue uniforme et est abaissée ainsi que le degré sulfhydrométrique direct. Le jour de cette expérience, il y eut, exceptionnellement, un bain

exactement avant notre prélèvement de 19 heures; nous trouvons une température uniforme, moindre que la précédente, et un degré sulfhydrométrique diminué. Après ce bain, la température et le degré sulfhydrométrique se sont relevés; nous avons noté de nouveau des différences de température entre le fond et le haut de la piscine, la plus basse étant celle du fond. Puis de nouveau, après les bains de 21-22 heures, la température se trouve égalisée et est diminuée en même temps que le degré sulfhydrométrique.

Dans la piscine, l'eau subit donc une altération, il y a diminution notable de la sulfuration, ce qui n'avait pas lieu dans la baignoire. Cette diminution peut être provoquée par les mouvements des dix à douze malades qui se trouvent à la fois dans la piscine et qui brassent l'eau.

En outre, tandis que pour les premières séries de malades la sulfuration est de $11^{\circ}4$, pour les séries de 21 heures, elle n'est plus que de $9^{\circ}3$; de même la température moyenne subit une légère diminution.

La piscine étant considérée à Barèges, comme ayant la plus haute valeur thérapeutique, il doit falloir considérer les résultats des deux séries de bains : celle de 15-16 heures et celle de 21-22 heures. Dans la première de ces séries, le malade, plongé dans une eau plus chaude, de sulfuration plus grande, doit être placé dans de meilleures conditions, au point de vue thérapeutique, que dans la deuxième série.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARILLE. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXXV, p. 316, 1879.
 2. MASSY (R.). — Sur l'altération des eaux sulfureuses de Barèges. Communication de la Société de pharmacie de Bordeaux, 7 nov. 1928.
 3. *Analyse des eaux de Cauterets*. — *Annales de l'Institut d'hydrologie et climatologie*, t. V, p. 82-83, 1927.
 4. ARMIEUX. — Topographie médicale de Barèges, p. 146, 1870.
 5. FEGUEUX. — *Mémoires de médecine, chirurgie et pharmacie militaires*, 3^e série, t. XXV, p. 151, 1871.
-

CONCLUSIONS

Notre travail apporte à la connaissance du soufre dans les eaux de Barèges une contribution caractérisée par les particularités suivantes :

I. — Bien que les eaux de Barèges soient très anciennement connues, et qu'à maintes reprises elles aient été examinées au point de vue de leur sulfuration, nous sommes le premier à avoir apparemment étudié ces eaux aux griffons. En effet, les auteurs, ayant publié avant nous sur Barèges, ne paraissent pas avoir connu les griffons I et II de *Tambour*; I, II et III d'*Entrée*; I et II de *Gency*. S'ils les avaient vus, ils en auraient sans doute parlé.

II. — Avant nous, les eaux de Barèges n'avaient jamais été étudiées que pendant la saison thermale (juin à septembre). Nous avons été le premier à étudier ces eaux en hiver (janvier) dans le but de contrôler la constance de sulfuration, que les auteurs classiques (Armieux, etc.) attribuent aux eaux de Barèges.

III. — En hiver, nous avons observé un fléchissement de température (différence moyenne entre août et janvier = 1°). Quant à la sulfuration, elle ne paraît pas spécialement sous la dépendance des saisons, mais, à toute époque de l'année, on peut observer des variations.

Ces variations n'atteignent pas 10 p. 100 pour les grands griffons qui ont fait et maintiennent la réputation de Barèges.

Elles sont supérieures à 10 p. 100 pour quelques griffons (*Bordeu, Nouvelle, Louvois, Troy*) qui n'ont qu'un intérêt secondaire pour la thérapeutique de la station.

IV. — Nous avons montré que les variations de sulfuration sont, à Barèges, sous la dépendance, en grande partie sinon exclusivement, des précipitations atmosphériques et avons mis en évidence, à cette occasion, l'avantage du captage des sources, effectué par l'ingénieur des mines François (1860) sur les captages plus récemment réalisés.

V. — Pour les 14 sources de Barèges, nous avons suivi les variations de la sulfuration entre le ou les griffons et tous les points d'utilisation des eaux (bains, bains de pieds, douches, pulvérisations, buvette, filet vierge). Cette étude met encore en évidence la valeur des travaux d'aménagement des Thermes exécutés sur les plans de François; elle montre, d'autre part, quelques défauts (*Douche Nouvelle* notamment) qui doivent attirer l'attention des exploitants et des médecins traitants.

VI. — Au cours d'un bain de baignoire, la température s'abaisse, mais la sulfuration n'est que fort peu modifiée. Au cours d'un bain de piscine, l'abaissement de la température est moins sensible que dans le bain de baignoire, mais, par contre, le degré sulfhydrométrique fléchit (de plus de 10 p. 100 à la piscine militaire). Cette diminution doit être attribuée au brassage de l'eau par les baigneurs.

VII. — Le rapprochement du degré sulfhydrométrique direct des 49 griffons montre que la Station thermale de Barèges dispose d'une gamme de sulfuration allant de 1°9 à 12°7, et ces griffons sont susceptibles d'être groupés, par sulfuration décroissante, en quatre familles correspondant sensiblement à la gamme thérapeutique.

Ce groupement en quatre familles apparaît encore plus net si l'on considère le soufre total. Nous confirmons donc le bien-fondé de la classification des eaux de Barèges basée sur des considérations physico-chimiques de résistivité électrique et de radioactivité (M. Massy).

VIII. — Quelle que soit l'hypothèse que l'on puisse faire au sujet de la présence du soufre dans les différentes eaux de

Barèges (que le soufre initial soit altéré plus ou moins par oxydation, ou que le soufre provienne de la réduction des sulfates), nos dosages de soufre total montrent, qu'au point de vue chimique, l'hypothèse d'une montée thermique unique ne suffit pas pour expliquer l'origine des eaux de Barèges.

Prenant en considération les dosages du radon effectués récemment dans les eaux de Barèges par M. Massy, nous considérons les eaux de cette station comme le mélange d'une eau sulfureuse, chaude, non radioactive, avec une eau non sulfureuse, froide, légèrement radioactive.

VU : POUR LE DOYEN,

L'assesseur,

HENRI VERGER.

VU, BON A IMPRIMER :

Le Président,

SELLIER.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 21 novembre 1928.

Pour le Recteur,

LE DOYEN DÉLÉGUÉ,

P. COUSIN.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	7
CHAPITRE PREMIER. — Le soufre dans les eaux sulfureuses.....	9
CHAPITRE II. — Détermination des degrés sulphydrométriques.....	14
CHAPITRE III. — Dosage du soufre oxydé.....	26
CHAPITRE IV. — Les eaux sulfureuses et l'Établissement thermal de Barèges.....	33
CHAPITRE V. — Résultats expérimentaux.....	40
CHAPITRE VI. — Discussion des résultats.....	53
CHAPITRE VII. — Modification de la sulfuration des eaux avant et au cours de leur emploi.....	63
CONCLUSIONS.....	71

